


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Радіотехнічний факультет  
Кафедра прикладної радіоелектроніки

«На правах рукопису»  
УДК 64.066.84

До захисту допущено:  
В.о. зав. кафедри  
 Андрій МОВЧАНЮК  
«  »                      2024 р.

**Магістерська дисертація**  
на здобуття ступеня магістра  
за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології  
радіоелектронної техніки»  
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
на тему: « Аварійний сигналізатор шкідливих викидів »

Виконав :  
студент 2 курсу, групи РЕ-21 мп

Парфьонов Глеб Вікторович

Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Керівник:

Доцент, к.т.н., Шульга Аліна Вікторівна

Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Рецензент:

Доцент, к.т.н., Шпилька Олександр Олександрович

Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.  
Студент Парфьонов Г. В.

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Радіотехнічний факультет**  
**Кафедра прикладної радіоелектроніки**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Андрій МОВЧАНЮК

« » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студента**  
**Парфьонова Глеба Вікторовича**

1. Тема дисертації «Аварійний сигналізатор шкідливих викидів»  
науковий керівник дисертації Шульга Аліна Вікторівна  
затвержені наказом по університету від «09» листопада 2023 р. №  
5206-с
2. Термін подання студентом дисертації 11 січня 2024 року
3. Об'єкт дослідження: запобігання та недопущення витоку шкідливих речовин, які призводять до нещасних випадків.
4. Вихідні дані кухонне приміщення з тиском від 100,8 до 101,5 кПа та температурою в діапазоні від 18 до 25 °С, час спрацювання приладу до 30 секунд.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити створення схеми електрично принципової, конструювання друкованої плати і корпусу пристрою, дослідження оптимального розташування пристрою для найшвидшого реагування, створення стартап-проекту, оформлення креслеників та специфікацій.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу структурна схема, схема електрична принципова, складальний кресленик друкованого вузла.

7. Дата видачі завдання 01 вересня 2023 року

Календарний план


№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання теми магістерської дисертації	05.09.2023р.	Виконано
2	Розробка плану магістерської дисертації	10.09. 2023р.	Виконано
3	Початок збору інформації для дослідження	24.09.2023р.	Виконано
4	Огляд існуючих аналогів	1.10.2023-14.10.2023	Виконано
5	Розробка електричної принципової схеми та друкованої плати	15.10.2023-20.11.2023	Виконано
6	Розробка корпусу під друкований вузол	20.11.2023-5.12.2023	Виконано
7	Проведення досліджень	6.12.2023-28.12.2023	Виконано
8	Розробка стартап-проекту	29.12.2023-8.1.2024	Виконано
9	Оформлення магістерської дисертації	09.01.2024р.	Виконано

Студент



Глеб ПАРФЬОНОВ

Науковий керівник



Аліна ШУЛЬГА

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки магістерської дисертації становить 87 сторінок, що містять 31 ілюстрацій, 28 таблиць, 8 додатків, 21 джерело за переліком посилань.

**Актуальність теми** обумовлена високою кількістю випадків отруєнням природнім газом, або ж його детонацією у багатоповерхівках та приватних будинках через необачне поводження мешканців на кухні. Наявні пристрої на ринку здатні лише фіксувати наявність газу в приміщенні та сповіщати мешканця лише у тому випадку, якщо він знаходиться безпосередньо в ньому. Тому розробка пристрою, який буде здатен самостійно нівелювати проблему витоку газу, а також сповіщати власника навіть у тому випадку, коли він не знаходиться в квартирі є досить актуальною. Подібні пристрої мають місце застосування не тільки в жилих будівлях, але й також в закладах які пов'язані з роботою з кухонною плитою (ресторан , кафе і т.п.).

**Метою даної роботи** розробка доступної автоматизованої системи кухонної сигналізації, яка здатна оповіщати свого власника про небезпеку через мережу інтернет.

**Об'єктом дослідження** є запобігання та недопущення витоку шкідливих речовин, які призводять до нещасних випадків.

**Предмет дослідження:** оповіщення власника аварійної системи про небезпеку через мережу інтернет.

**Методи дослідження:** експериментальне макетування, дослідження за допомогою спеціального програмного забезпечення.

**Ключові слова:** система безпеки, датчик фіксації витоку газу, автономність.

## ABSTRACT

The master dissertation consists of an explanatory note of 87 pages containing 31 illustrations, 28 tables, 8 appendices, 21 sources according to the list of references.

**Actuality of theme** is due to the high number of cases of natural gas poisoning, or its detonation in high-rise buildings and private houses due to careless behavior of residents in the kitchen. Available devices on the market are only able to detect the presence of gas in the room and notify the occupant only if he is directly in it. Therefore, the development of a device that will be able to independently eliminate the problem of gas leakage, as well as notify the owner even when he is not in the apartment, is quite relevant. Such devices are used not only in residential buildings, but also in establishments related to working with a stove (restaurant, cafe, etc.).

**The purpose and tasks of the research** is to develop an affordable automated kitchen alarm system that is able to notify its owner about danger via the Internet.

**The object of research** is to prevent and prevent the leakage of harmful substances that lead to accidents.

**The subject of study** alerting the owner of the emergency system about the danger via the Internet.

**The research methods:** experimental design, research using special software.

**Keywords:** security system, gas leak detection sensor, autonomy.

## ЗМІСТ

Перелік скорочень	7
Вступ	8
1 Огляд існуючих рішень	9
1.1 Загальні відомості	9
1.2 Огляд аналогів на ринку	14
1.2.1 Датчик природного газу ORNO Or-Dc-614	14
1.2.2 Датчик газу Kidde G3000	15
1.2.3 Датчик газу Zamel CGZ-02	17
1.2.4 Детектор газу та чадного газу XTREME XGC10	18
1.2.5 Безпроводний датчик витoku природного газу Tervix Pro Line	
ZigBee GAS Sensor	19
2 Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення	22
2.1 Огляд та аналіз схемотехнічних рішень	22
2.2 Розробка структурної схеми	23
2.3 Розробка схеми електричної принципової	24
2.4 Вибір та обґрунтування елементної бази	25
2.4.1 Резистори	26
2.4.2 Конденсатори	26
2.4.3 Діод та світлодіод	27
2.4.4 Стабілізатор	27
2.4.5 Транзистор	27
2.4.6 Датчик	28
2.4.7 Мікросхеми	29
2.4.8 Інші елементи	30
3 Розробка друкованого вузла	33
3.1 Вибір матеріалу та припою	33
3.2 Розрахунок діаметра монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків	33

	6
3.3 Визначення габаритів друкованої плати	35
3.4 Розрахунок параметрів друкованих провідників	37
3.5 Трасування провідників та компоновка елементів	37
4 Розробка корпусу	40
5 Дослідження оптимального розташування	42
5.1 Перший етап досліджень	42
5.2 Другий етап досліджень	45
6 Стартап-проект	53
6.1 Концепція проекту	53
6.2 Оцінка технічної доцільності ідеї проекту	54
6.3 Аналіз можливостей ринку для старту проекту	55
6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	62
6.5 Розробка маркетингової програми стартап-проекту	65
Висновки	70
Перелік джерел посилань	72
Додаток А. Перелік елементів	
Додаток б. Специфікація на електронний модуль	
Додаток В. Розрахунки	
Додаток Г. Код для досліджень	
Додаток Д. Модель аналізу конкуренції у галузі М. Портера	

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

LEL — нижня межа вибухонебезпечності, lower explosive limit;

SPDT — один полюс два напрямки, Single Pole Double Throw;

ДП — Друкована плата;

ДДП — Двохстороння друкована плата;

ФС — Фольгований склотекстоліт;

SMD — пристрій поверхневого монтажу, surface mounted device;

THT — технологія наскрізного монтажу, Through-hole Technology



## ВСТУП

У сучасному світі, де технологічний прогрес постійно рухається вперед, питання забезпечення безпеки та комфорту вдома стають все більш актуальними. У сучасних квартирах або ж приватних будинках найнебезпечнішим приміщенням завжди була й залишатиметься кухня. Тому при облаштуванні будь-якого житлового помешкання першочергово необхідно приділити увагу забезпеченню вирішення питання безпеки саме в кухні. Виток газу та пожежа — основні причини, які загрожують не лише матеріальним збиткам, але й життю та здоров'ю людей, які проживають безпосередньо в даній або сусідніх квартирах. Однак традиційні методи виявлення даних проблем не завжди відповідають сучасним вимогам ефективності та зручності.

Саме тому, створення інноваційних систем оповіщення про витік газу, які включають в себе не лише надійні детектори, але й автоматичні заходи захисту, є важливим завданням на сьогоднішній день. Одним із потенційних шляхів вирішення даної задачі є розробка кухонних систем оповіщення, які автоматично вмикають витяжку в разі виявлення витоку газу. Дане доповнення не лише забезпечить ефективний захист всього житлового приміщення, але й значно підвищить рівень зручності та автоматизації приладу.

Основною метою цієї магістерської роботи є розробка та реалізація автономної кухонної системи оповіщення про витік газу, яка відповідатиме сучасним вимогам та забезпечить найвищий рівень безпеки. Для реалізації поставленого завдання передбачено ретельний аналіз існуючих методів виявлення витоку газу та розробку вдосконаленого детектора на основі сучасних технологій, який буде інтегруватись з кухонною витяжкою.

## 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

### 1.1 Загальні відомості

Виток газу на кухні є доволі великою небезпекою, яка може спричинити серйозні проблеми для всіх людей, які знаходяться в даній будівлі. Для забезпечення безпеки з даного приводу використовують спеціальні датчики, які фіксують наявність газу в повітрі

Датчики газу можна класифікувати за наступними критеріями:

За типами виявлюваних газів:

- Загальні датчики газу, які призначені для виявлення різних газів, таких як метан, пропан, дим,  $CO_2$  (діоксид вуглецю),  $NO_2$  (діоксид азоту) тощо.
- Спеціалізовані датчики призначені для виявлення конкретних газів. Наприклад датчики для виявлення сірководню ( $H_2S$ ), аміаку ( $NH_3$ ), діоксиду сірки ( $SO_2$ ) тощо.

За діапазонами вимірювань:

- Низької концентрації: призначені для виявлення низького рівня газу. Вони зазвичай використовуються для виявлення газів в промислових процесах або навколишньому повітрі.
- Високої концентрації: призначені для вимірювання високого рівня газу. Вони часто використовуються в промисловості та безпеці праці.

За застосуванням:

- Для виявлення газів в промисловості. Вони використовуються для контролю процесів, виявлення небезпеки і запобігання аваріям.
- Для виявлення газів у приміщеннях, такі як датчики для виявлення  $CO$  та диму.
- Для забезпечення безпеки транспорту та мобільних пристроїв.

І звичайно за принципом роботи:

- Термокондуктометричні;
- Напівпровідникові;
- Каталітичні;
- Електрохімічні ;
- Оптичні;
- П'єзоелектричні.

Розглянемо більш детально принцип роботи кожного з видів.

**Термокондуктометричні.** Їх принцип дії заснований на вимірюванні зміни опору чутливого елемента внаслідок різниці теплопровідності контрольованого газу та повітря. Даний метод дозволяє вимірювати концентрацію будь-якого газу, який має відмінну від повітря теплопровідність. Як чутливі елементи в них використовуються напівпровідникові або платинові терморезистори, що працюють в режимі саморозігріву. Зміна концентрації газів в повітрі призводить до зміни тепловіддачі та температури терморезистора, що викликає зміну опору. Теплопровідність газових сумішей підпорядковується закону адитивності, тому термокондуктометричні газоаналізатори придатні для аналізу тільки бінарних сумішей, що відрізняються коефіцієнтами теплопровідності.

**Напівпровідникові.** Вони функціонують за рахунок зміни поверхневого опору напівпровідникової плівки внаслідок адсорбції молекул газу. Чутливий елемент датчика являє собою напівпровідникову монокристалічну плівку оксиду металу, наприклад  $SnO_2$ ,  $ZnO$  або інші. Окиси більшості металів є широкозонними напівпровідниками з високим питомим опором. Через легування домішками або порушення стехіометричного складу вони набувають електронну або дірочну провідність.

Поглинання поверхнею сенсора молекул газу призводить до зменшення викривлення зон і зменшення поверхневого опору, яке пропорційно концентрації молекул газу. Адсорбція молекул газів  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $Cl_2$  та інших акцепторів електронів — збільшує поверхневий опір. В повітрі опір сенсора

$R_A$  великий, але при додаванні газів відновників ( $H_2$ ,  $CO$  та інші) він зменшується за ступеневою залежністю:

$$R_S = K \cdot C_S^{-\alpha} \quad (1.1)$$

де  $C_S$  – концентрація газу повітря,  $K$  та  $\alpha$  – константи.

Чутливість до газів сенсора  $S_G$  визначається як відношення опорів сенсора в повітрі  $R_A$  та в газовому середовищі  $R_S$

$$S_G = \frac{R_A}{R_S} \quad (1.2)$$

Мала споживана потужність, простота конструкції, здатність вимірювати концентрацій будь-яких газів у повітрі є перевагами даних датчиків. До їх недоліків відносяться невисока селективність до різних газів.

**Каталітичні.** Дані датчики призначені для контролю концентрації в повітрі горючих газів ( $H_2$ ,  $CO$ , вуглеводнів та ін.).

Він містить в собі дві вимірювальні спіралі з платини, одна з яких покрита шаром активного каталізатора (наприклад паладію). Вони обидві є частиною вимірювального мосту (рис. 1.1).

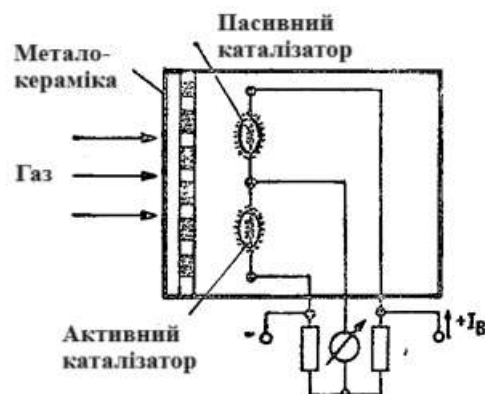


Рисунок 1.1 — Схема каталітичного датчика [1]

Горючий газ згоряє на спіралі з каталізатором, таким чином підвищуючи температуру та опір спіралі, що призводить до розбалансу моста.

Каталітичні датчики недорогі, надійні в роботі, мають гарну чутливість для вимірювання ГДК горючих газів. Вони застосовуються для контролю

вмісту чадного газу у тунелях, підводних човнах; контроль вмісту метану та побутового газу у шахтах, на газопровідних трасах. Недоліком датчиків є можливість їх застосування тільки для горючих газів та нездатність аналізу сумішей кількох газів.

**Електрохімічні.** Дані датчики використовують хімічні реакції на електродах для виявлення газів. Вимірювання концентрації певного газу в навколишньому середовищі відбувається за допомогою трьох основних електродів: робочого, опорного і контактного.

Робочий електрод зазвичай виготовляють з матеріалу, який сприяє окисленню певного газу. Наприклад, якщо датчик повинен виявити  $CO$ , то робочий електрод може бути виконаний з платини.

Опорний електрод служить для стабілізації потенціалу на робочому електроді і забезпечує стійкість датчика. Він зазвичай виконаний з матеріалу, який не реагує з газом, який вимірюється.

Контактний електрод вимірює потенціал між робочим і опорним електродами. Зміна потенціалу на робочому електроді, спричинена хімічною реакцією з газом, служить показником концентрації цього газу.

При контакті газу з робочим електродом відбувається хімічна реакція, яка веде до зміни потенціалу на робочому електроді. Вона є пропорційною концентрації газу в навколишньому середовищі. Отриманий сигнал може бути виміряний контактним електродом і використаний для визначення концентрації газу.

Електрохімічні датчики відомі своєю високою чутливістю, швидкістю та точністю, проте їх потрібно час від часу калібрувати, а також вони обмежені розпізнаванням лише конкретних газів. Вони широко використовуються в побутових детекторах чадного газу.

**Оптичні датчики.** Принцип їх дії базується на взаємодії світла з газами, що призводить до зміни оптичних властивостей, таких як поглинання світла, розсіювання, флуоресценція і інші.

Датчик має джерело світла, яке може бути видимим, інфрачервоним або ультрафіолетовим. Воно випромінюється в навколишнє середовище і таким чином взаємодіє з повітрям та газами. Залежно від їхньої хімічної природи і концентрації гази можуть взаємодіяти зі світлом по різному. Певні гази можуть поглинати певні ділянки спектра світла або викликати інші оптичні зміни. Це може бути поглинання світла на певних довжинах хвиль (поглинання в ультрафіолетовому або інфрачервоному спектрі), зміна кольору світла через флуоресценцію або інші оптичні ефекти. Після проходження через гази світло потрапляє до детектора світла, який вимірює зміни в оптичних властивостях світла. Потім вони аналізуються і отримані результати використовуються для вимірювання концентрації газу. Однак дані датчики дуже дорогі та громіздкі порівняно з іншими типами датчиків.

**П'єзоелектричні.** Вони використовують п'єзоелектричні ефекти для виявлення змін в масі або механічних властивостях матеріалу при взаємодії з газами. Датчик містить у собі п'єзоелектричний матеріал, такий як кварц, який змінює свої механічні властивості, коли на нього діє механічне напруження. Гази в навколишньому середовищі взаємодіють з поверхнею п'єзоелектричного матеріалу, змінюючи його масу або механічні властивості. Наприклад, поглинання газу поверхнею матеріалу може призвести до зміни його маси. Це призводить до зміни напруження в п'єзоелектричному матеріалі. Таким чином виникає п'єзоелектричний ефект, внаслідок чого матеріал стає електрично поляризованим. Зміна електричної поляризації призводить до генерації електричного сигналу, який може бути виміряний за допомогою електродів, розташованих на поверхні матеріалу. Далі отриманий сигнал аналізується для визначення концентрації газу в навколишньому середовищі.

Перевагами п'єзоелектричних датчиків газу є те, що вони можуть бути в агресивних хімічних середовищах, а також в приміщеннях з високими температурами. Недоліки їх полягають в тому, що вони дуже чутливі до вібрацій та ударів. [1]

Проте, лише зафіксувати виток недостатньо, потрібно також сповістити людину про це. Для цього після виявлення в повітрі надмірної кількості газу, датчики зазвичай генерують сигнал, який може бути візуальним (світлова індикація), звуковим (сирена або дзвінок) або електронним (повідомлення на монітор або смартфон).

Нижче будуть розглянуті існуючі на ринку аналоги розроблюваного пристрою.

## **1.2 Огляд аналогів на ринку**

### ***1.2.1 Датчик природного газу ORNO Or-Dc-614***

Модель Or-Dc-614 від бренду Orno (рис. 1.2) це сучасний сигналізатор, який інформує про підвищену концентрацію природного газу в квартирі або певному приміщенні. Він дозволяє безперервно контролювати наявність горючих газів, що виділяються з негерметичних кухонних плит.

Пристрій оснащений напівпровідниковим датчиком, який забезпечує високу швидкість виявлення. У разі виявлення газу спрацьовує швидке сповіщення як звукове, так і візуальне. Сигнали тривоги спрацьовують, як тільки перевищується допустима концентрація, що дозволяє вам швидко відреагувати. Для перевірки працездатності датчика на пристрої є кнопка TEST.

На датчику газу є додатковий контакт живлення 12 В постійного струму, який перевіряє закритий клапан, щоб перекрити подачу газу в систему.



Рисунок 1.2 — Датчик природного газу ORNO Or-Dc-614 [2]

Основні характеристики:

- Тип живлення: мережеве
- Напруга живлення: 230 В, 50 Гц
- Тип небезпеки, що виявляється: природний газ
- Тип датчика: електрохімічний / напівпровідниковий
- Кнопка TEST: так
- Відключення сигналу тривоги: ні
- Індикація несправності: так
- Індикація закінчення терміну служби: так
- Функція перекриття клапана подачі газу: так
- Рівень гучності тривоги (дБ):  $\geq 70$

### **1.2.2 Датчик газу Kidde G3000**

Детектор витоку газу Kidde G-3000 (рис. 1.3) характеризується своєю функціональністю, швидкою реакцією та надійними результатами вимірювань. Даний детектор газу призначений для виявлення витоку міського газу, витоку газових балонів, автомобільного газу (LPG). Пристрій встановлюється у будинках, квартирах, котеджах, кораблях та інших місцях.



Витік виявляється навіть на відстані 8 метрів від джерела. Він має функцію попередження про низький заряд батареї, малий за розміром, вагою та простий в експлуатації.

Для живлення в корабля і трейлерах можна використовувати джерело 12 В, для стаціонарних місць можна використовувати звичайне джерело живлення.

Детектор попереджає про небезпеку завдяки сигналу - 85 дБ та індикатору (зелений світлодіодний індикатор - живлення увімкнено; червоний світлодіодний індикатор - небезпека; жовтий світлодіодний індикатор - попередження про помилку).

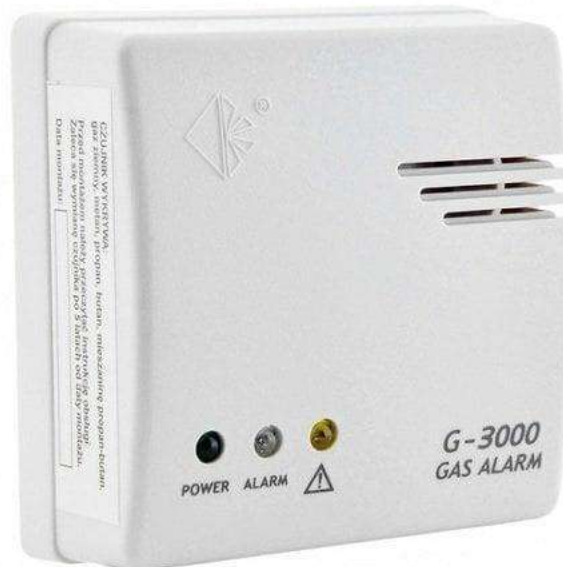


Рисунок 1.3 — Датчик витоку газу Kidde G3000[2]

Основні характеристики:

- Функція самодіагностики;
- Виявляє горючий газ, рідкий, природний газ;
- Звуковий сигнал: 85 дБ;
- Розміри: 8,5 x 8,5 x 3,5 см;
- Потужність: 1,5 Вт (у разі небезпеки) 1 Вт (в режимі очікування);
- Вага: 110 г;
- Робоча температура: від -10°C до +40°C.

### 1.2.3 Датчик газу Zamel CGZ-02

Модель CGZ-02 від бренду Zamel (рис. 1.4) є одним з провідних на ринку. Даний пристрій встановлюється практично під стелею, оскільки газ швидко піднімається у вищі частини приміщення. При виявленні відхилень від норми датчик сповіщає мешканців звуковим та візуальним сигналом, який важко пропустити.

Пристрій також інформує користувачів про пошкодження, щоб їх можна було вчасно відремонтувати.



Рисунок 1.4 — Датчик газу Zamel CGZ-02[4]

Основні характеристики:

- Виявлення небезпечних концентрацій природного газу та зрідженого газу (пропан-бутан);
- Твердотільний датчик;
- Живлення від мережі 230 В змінного струму;
- Оптична сигналізація;
- Звукова сигналізація (85 дБ);
- Індикація несправності датчика (система автодіагностики);
- Рівень тривоги при виявленні газу ~10 % LEL.

### 1.2.4 Детектор газу та чадного газу XTREME XGC10

Детектор газу XTREME XGC10 (рис. 1.5) здатний виявляти чадний і природний газ при його концентрації приблизно 10% LEL. Після досягнення необхідної концентрації газу в повітрі спрацьовує система оповіщення мешканця. Сповіщення відбувається шляхом звукової та світлової індикації.

Також у пристрої наявна функція виявлення проблем з детектором або іншим компонентом, він автоматично повідомляє користувача про несправність за допомогою світлодіоду — це рішення гарантує, що детектор завжди буде повністю працездатним і готовим повідомити нас про загрозу.



Рисунок 1.5 — Детектор газу та чадного газу XTREME XGC10[5]

Основні характеристики:

- Сигналізація зі звуковим та оптичним індикатором;
- Вбудована функція тестування електроніки та перевірка правильності роботи пристрою;
- Сигналізує про необхідність заміни батареї;
- Функція енергозбереження;
- Джерело живлення: 230В/50Гц;
- Споживана потужність: <5 Вт;
- Гучність сигналізації: 85 дБ;
- Контрольний вихід: 12 В вихід контрольного клапана;

- Рівні тривоги:  $10 \pm 3\%$ ; LEL;
- Допустима температура робочого середовища:  $0 \sim 50$  градусів С;
- Допустима вологість навколишнього середовища:  $10\% \sim 95\%$  RH.

### ***1.2.5 Безпроводний датчик витоку природного газу Tervix Pro Line ZigBee GAS Sensor***

Безпроводний датчик витоку природного газу Tervix Pro Line ZigBee GAS Sensor (рис. 1.6) реагує на перевищення мінімально допустимої концентрації (LAL) природного газу в приміщенні. Датчик працює по протоколу ZigBee (Розумний будинок).

Даний пристрій розроблений для роботи з APP Tervix, TuYa Smart та Smart Life. Принцип роботи датчика наступний: якщо в приміщенні фіксується підвищена концентрація природного газу, то спрацьовує візуальна та звукова сигналізація, подається сигнал на контролер і надсилається повідомлення на телефон в APP Tervix, TuYa Smart чи Smart Life. Також у користувача є можливість самостійно запрограмувати контролер на:

- увімкнення витяжки;
- закриття клапану подачі газу;
- виконання іншої попередньо запрограмованої дії.



Рисунок 1.6 — Безпроводний датчик Tervix Pro Line ZigBee GAS Sensor[6]

Основні характеристики:

- Безпроводний (ZigBee 3.0);
- Живлення від звичайної розетки;
- Наявна кнопка самотестування;
- Вбудоване звукове сповіщення;
- Радіус дії до 100 м (відкритий простір);
- Висока точність -  $6 \pm 3\%$  LEL;
- Наявність додатку Tervix для Android та для iPhone.

Проаналізувавши аналоги датчиків витоку газу, які наявні на ринку, була створена таблиця 1.1 для порівняння та аналізу їх основних характеристик.

Таблиця 1.1 — Порівняльна таблиця характеристик та цін аналогів

Назва	Тип датчика	Рівень виявлення газу	Вид сигналізації	Можливість програмування датчика	Ціна
ORNO Or-Dc-614	Напівпровідниковий	~10 %	Звукова; світлова	-	1400 грн
Kidde G3000	Напівпровідниковий	~10 %	Звукова	-	1500 грн
Zamel CGZ-02	Твердотільний	~10 %	Звукова; світлова	-	1850 грн
XTREME XGC10	Напівпровідниковий	$10 \pm 3\%$ LEL	Звукова; світлова	-	2000 грн
Tervix Pro Line ZigBee	Напівпровідниковий	$6 \pm 3\%$ LEL	Звукова; Повідомленням	+	2500 грн

З розглянутих варіантів можна помітити, що майже всі пристрої мають напівпровідниковий тип датчика, рівень виявлення газу ~10% і звуковий тип сповіщення користувача. Проблема звукового сповіщення, або звукового в комбінації зі світловим полягає в тому, що воно корисне лише в тому

випадку, коли в квартирі/будинку присутні мешканці, у разі ж коли виток газу стався в момент коли нікого не має вдома, то користі від такого сповіщення немає. У цьому випадку окремо виділяється датчик моделі Tervix, який може надіслати повідомлення про те, що стався витік і користувач зможе вжити відповідних заходів, навіть, якщо він не знаходиться безпосередньо в квартирі. Також, його можна окремо запрограмувати на виконання додаткових функцій, що в принципі добре, але не досить зручно для звичайного покупця, який хоче придбати одразу все готове. Всі варіанти датчиків або можуть виконувати самотестування на несправності, або ж мають індикатор, який сигналізує про її наявність, що дозволяє уникнути ситуації коли стався виток газу, а датчик вже давно не функціонує.

## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

### 2.1 Огляд та аналіз схемотехнічних рішень

На рисунку 2.1 показаний варіант схеми кухонної сигналізації на основі датчика MQ-2.

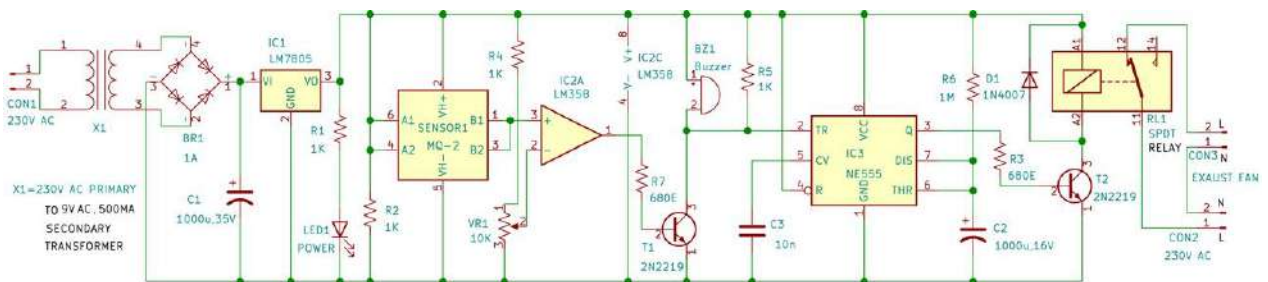


Рисунок 2.1 —Схема забезпечення автономної роботи сигналізації

Живлення реалізується за допомогою трансформатора з 220 В на 9 В, при включенні живлення світлодіод LED1 спалахує, вказуючи на те, що ланцюг готовий до використання.

У разі витoku газу, або фіксації диму на 3 піні датчика MQ-2 виникає напруга, яка підсилюється мікросхемою LM358. Таким чином, підсилений сигнал на виході 1 надходить до транзистора T1, який у свою чергу запускає дзвінок, який сигналізує про дим або витік газу. В той же час мікросхема NE555 запускає транзистор T2 для подачі живлення на реле RL1. Якщо до реле підключена витяжка, або витяжний вентилятор, то він увімкнеться і працюватиме близько 18 хвилин через таймер IC NE555, який підключений у режимі моностабільного мультівібратора. Даний час було отримано базуючись на компонентах синхронізації: резистор R6 і конденсатор C2. Вихідний імпульс NE555 залишається високим на основі його ширини, яка встановлює попередньо визначений період часу. Його можна встановити, вибравши значення резистора R6 і конденсатора C2 за допомогою співвідношення:

$$\text{Ширина вихідного імпульсу(сек)} = 1,1 \cdot R6 \cdot C2 \quad (2.1)$$

У цій схемі значення  $R_6=1\text{M}\Omega$  і значення  $C_2 = 1000 \mu\text{F}$ . Отже, час у секундах становитиме приблизно 1100 секунд, тобто 18 хвилин. [7]

Варіант підключення до датчика MQ-2 Wi-Fi модулю показаний на рисунку 2.2.

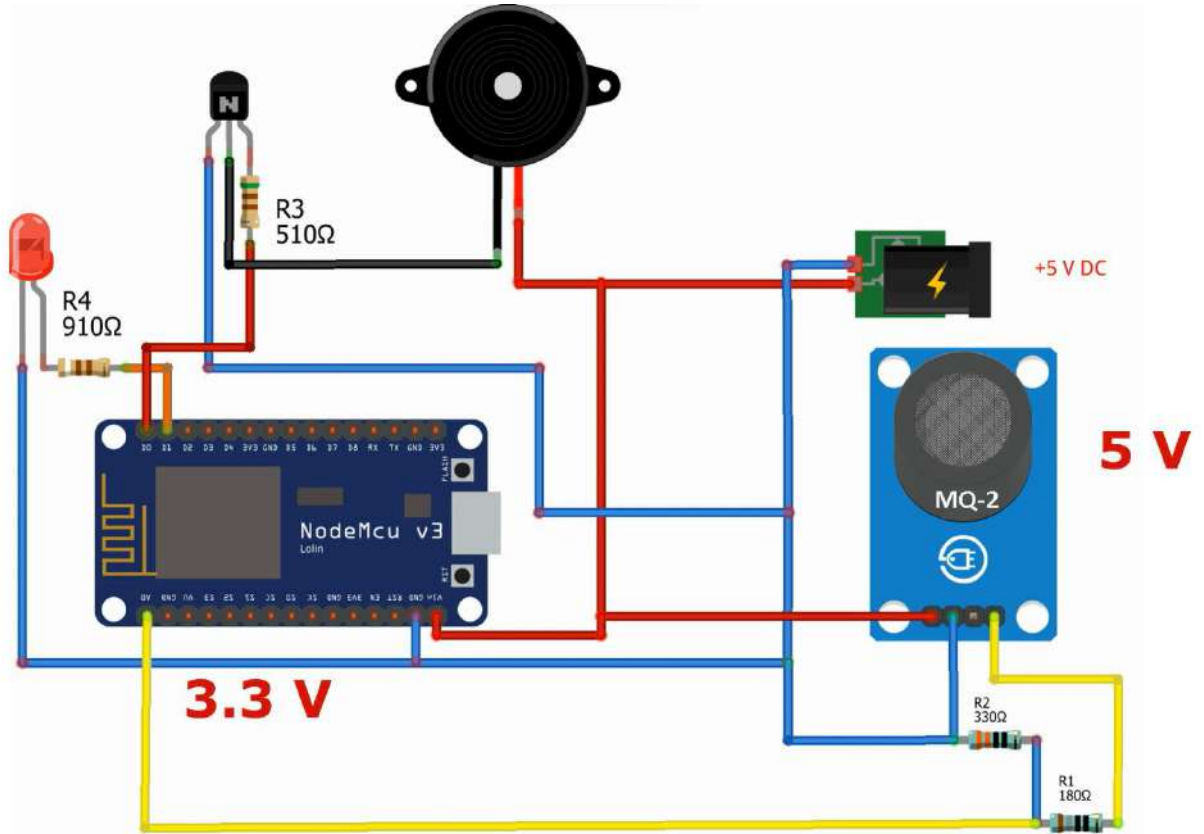


Рисунок 2.2 — Схема підключення NodeMcu[8]

З даної схеми видно, що датчик MQ-2 працює від батареї 5 В і підключається до Wi-Fi модуля NodeMcu v3 через ділянку напруги, який представлений двома резисторами R1 та R2. Якщо кількість газу або диму в приміщенні вища за порогове значення, то активується світлодіод R4, що сигналізує про небезпеку, далі напруга йде на транзистор, який підсилює сигнал до 5 В і потім активується сповіщення про тривогу. Також в цей час модуль NodeMcu v3 може надсилати сповіщення про тривогу на телефон користувача, наприклад через застосунок Blynk.

## 2.2 Розробка структурної схеми

Структурна схема пристрою зображена на рисунку 2.3 і наведена в додатку Е.



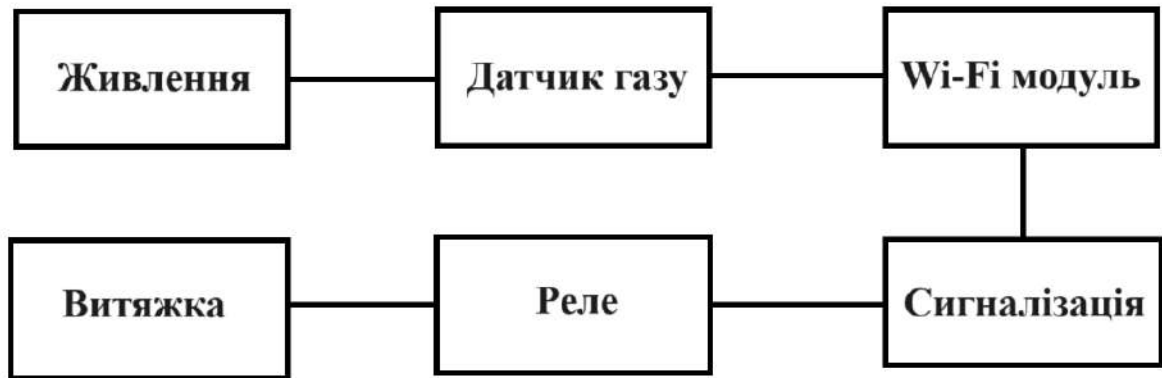


Рисунок 2.3 — Структурна схема

Живлення може забезпечуватися як і від розетки, так і від блоку живлення, оскільки прилад стаціонарний. Перевага блоку живлення в тому, що навіть при вимкненні світла, сигналізація буде функціонувати справно, недолік в тому, що потрібно час від часу перевіряти, чи прилад функціонує.

Датчик газу фіксує наявність в повітрі газу або диму, і при наявності одного з них він вмикає решту схеми, яка складається з Wi-Fi модуля, сигналізації, реле та витяжки. Wi-Fi модуль відправляє повідомлення на телефон користувача про те, що відбувся витік газу, або на кухні є дим. Також модуль може передавати в застосунок на телефоні користувача поточні значення концентрації газу в повітрі для моніторингу ситуації. Сигналізація в свою чергу сповіщає всіх хто знаходиться на даний момент в приміщенні. Також в цей час запускається реле та витяжка, яка допомагає впоратись з димом та газом у квартирі.

### 2.3 Розробка схеми електричної принципової

Принципові електричні схеми призначені для повного відображення взаємозв'язків пристроїв з урахуванням принципів їх дії і послідовності роботи. На електричних схемах зображують лише ті елементи, які пояснюють електричні процеси. Деталі на схемі розміщують так, як це зручно для їх зображення.

Розробка схеми електричного принципу починається зі створення символів у середовищі Altium Designer. На даному етапі передбачається створення елементів бібліотеки, визначення їх параметрів і прив'язка до них футпринтів. Наступним кроком є безпосередня розробка схеми електричної принципової розташовуючи створені раніше елементи та з'єднуючи їх провідниками. І наприкінці відбувається анотація та перевірка схеми на наявність помилок.

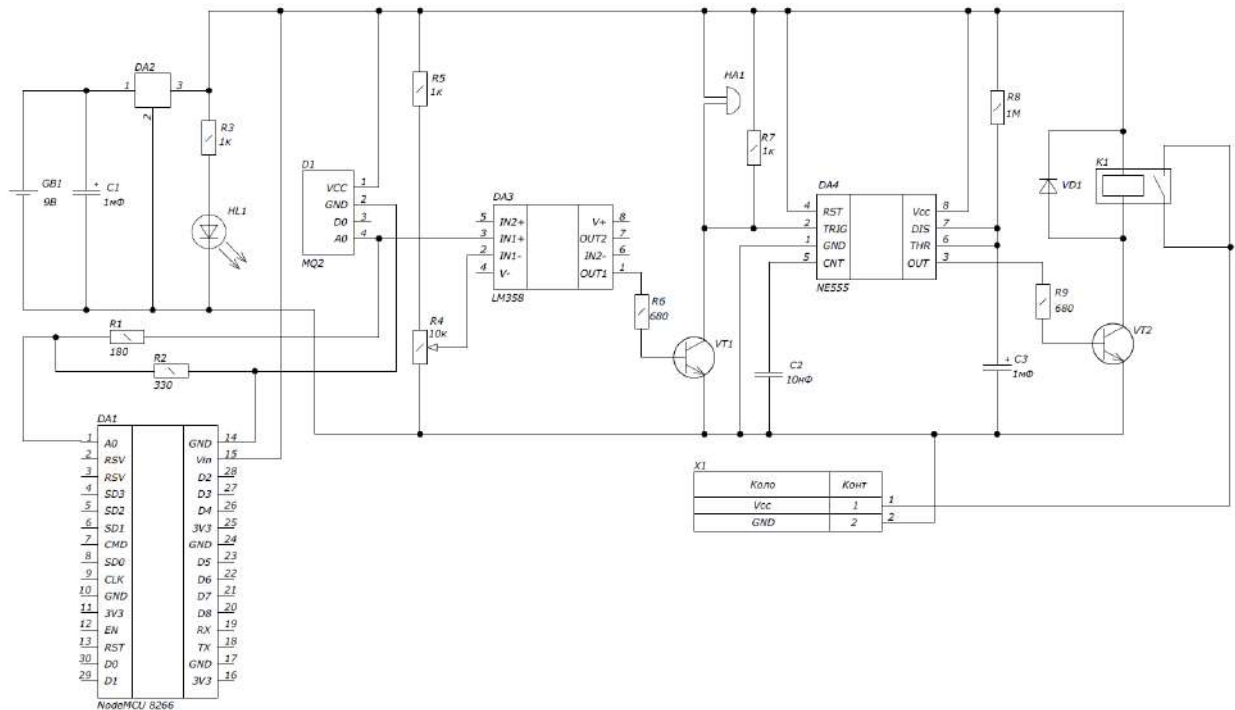


Рисунок 2.4 — Схема електрична принципова

Схема зображена на рис. 2.4 входить в комплект конструкторської документації і наведена в додатку Є.

## 2.4 Вибір та обґрунтування елементної бази

При виборі елементної бази необхідно звертати уваги на наступні пункти:

- Відповідність елемента електричним параметрам вказаним у схемі;
- Відповідність елемента умовам, в яких він буде експлуатуватись;
- Точність датчиків/елементів;
- Габарити;
- Вартість.

Вибір того чи іншого елемента буде опиратися на вищеперераховані критерії.

#### **2.4.1 Резистори**

Для даної схеми резистори були обрані карбонові, номінальною потужністю 0,25 Вт фірми Royalohm, їх максимальна допустима напруга 400 В, а опори відповідно до схеми становлять 680 Ом, 1кОм, 1МОм.

В якості підстроювального резистора було модель 3009P-1-103 від компанії Voungs[9] з наступними характеристиками:

- Опір 10 кОм;
- Потужність — 0,75 Вт;
- Точність — 10 %.

Параметри обраних резисторів відповідають необхідним вимогам для середовища їх експлуатації.

#### **2.4.2 Конденсатори**

В якості SMD конденсатора обираю варіант з корпусом 1206 фірми Samsung[10]. Він має наступні характеристики :

- Ємність — 10 нФ;
- Напруга — 500 В;
- Точність —  $\pm 10$  %;
- Температурний діапазон від -55 до +125°C.

Полярні конденсатори були обрані від фірми Hitano[10] з наступними характеристиками:

- Ємність — 1000 мкФ;
- Напруга — 16 В та 35 В;
- Точність —  $\pm 20$  %;
- Температурний діапазон від -40 до +85°C.

Обрані конденсатори відповідають поставленим вимогам до середовища їх використання.

### **2.4.3 Діод та світлодіод**

В якості діода будемо використовувати 1N4007[10], оскільки він є широкодоступним і має невелику вартість. Його характеристики:

- Максимальна зворотня напруга: 1000 В;
- Максимальний середній вихідний струм: 1 А.

Світлодіод оберемо від фірми Kingbright[10]. Його характеристики:

- Робоча напруга 1,25 В;
- Довжина хвилі 700 нм.

Обрані елементи відповідають поставленим вимогам до середовища їх використання.

### **2.4.4 Стабілізатор**

Для даної схеми був обраний класичний параметричний стабілізатор напруги LM7805[10], оскільки він має низьку ціну та перевірений роками використання в радіоелектроніці та схемотехніці.

Основні параметри:

- Діапазон робочих температур -65 до + 150 °С;
- Діапазон вхідної напруги від 7 В до 25 В;
- Максимальний вихідний струм 1,5 А;
- Вихідна напруга 5 В.

Обраний стабілізатор відповідає поставленим вимогам до середовища його використання.

### **2.4.5 Транзистор**

В якості n-p-n транзистора була обрана модель 2N2219[10], яка є досить дешевою та легкодоступною на ринку. Його характеристики:

- Максимальна потужність, що розсіюється колектором — 0.8 Вт;
- Посилення струму — 50;
- Струм колектора — 0,8 А;
- Напруга колектор-емітер — 30 В;

- Напруга колектор-база — 60 В;
- Напруга емітер-база — 5 В;
- Температурний діапазон -65...+150°C.

Він має низький рівень шуму і прийнятні експлуатаційні характеристики, що робить його привабливим для використання в даній схемі.

#### 2.4.6 Датчик

В якості датчика газу був обраний MQ-2 (рис. 2.5), який розташований на платі з потенціометром і 4 виводами. Він здатний фіксувати дим, метан та бутан, що цілком достатньо для системи сигналізації. Головним фактором при його виборі поміж інших датчиків, таких як MiCS-5524, була його ціна, оскільки він більше ніж в два рази дешевший за свої аналоги.



Рисунок 2.5 — Датчик MQ-2 та його розпіновка[11]

Основні характеристики:

- Робоча напруга +5В;
- Може вимірювати або виявляти LPG, алкоголь, пропан, водень, СО і навіть метан;
- Аналогова вихідна напруга: від 0 В до 5 В;
- Цифрова вихідна напруга: 0 В або 5 В;
- Діапазон чутливості — 300-10000 ppm;
- Час відгуку  $\leq 10$ с;
- Вологість:  $\leq 95\%RH$ ;
- Температура: -20 ~ +70°C.

Він має низький рівень шуму і експлуатаційні характеристики, які є привабливими для використання в даній схемі.

### 2.4.7 Мікросхеми

В якості Wi-Fi модуля була обрана мікросхема NodeMCU (рис. 2.6), яка розроблена на базі чіпа ESP8266, який являє собою UART-WiFi модуль з ультра низьким споживанням. Чіп спроектований для пристроїв зі світу інтернет речей, а ця плата дозволяє спростити їх розробку, оскільки на ній вже реалізовано підключення по USB, регулятор живлення та всі виведення чіпа розведені на гребінки зі стандартним кроком 2.54 мм, що дозволяє вставити його в макетну плату та створити прототип навіть не включаючи паяльник. Крім цього плата поставляється з прошивкою NodeMCU, що дозволяє програмувати її за допомогою мови Arduino IDE.

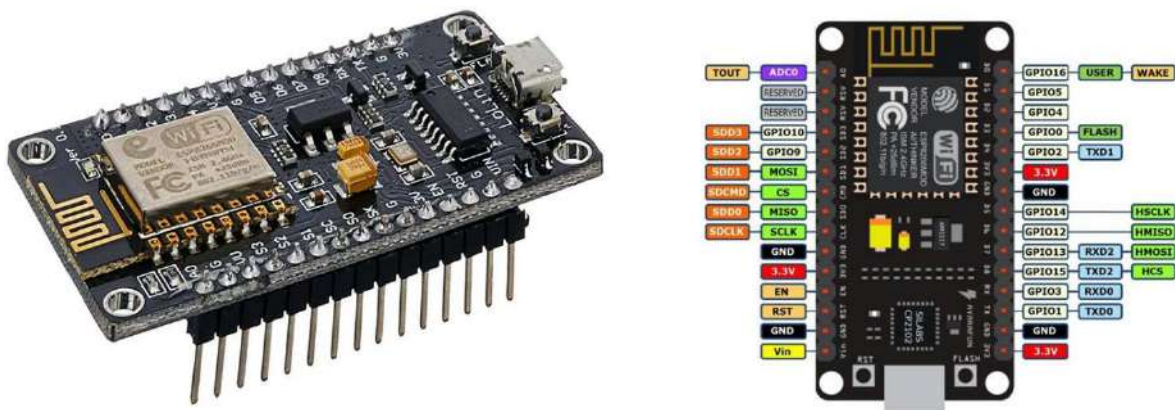


Рисунок 2.6 — Зовнішній вигляд та розпіновка NodeMCU [12]

Характеристики:

- WiFi стандарту 802.11 b/g/n;
- Підтримка STA/AP/STA+AP режимів;
- Вбудований стек протоколів TCP/IP з підтримкою множинних клієнтських підключень (до 5);
- Порти D0-D8, SD1-SD3: можуть бути використані як GPIO, PWM, ІС, та ін.;
- Струм на виході: 15 мА;
- Живлення: 4.5 В - 9В;

- Режим споживання: обмін даними:  $\sim 70$  мА (200 мА максимум);
- Режим очікування:  $< 200$  мкА;
- Швидкість передачі: 110-460800 б/сек;
- Підтримка UART/GPIO інтерфейсів передачі даних;
- Діапазон робочих температур:  $-40 \sim +125$  °С.

Параметри даної мікросхеми відповідають вимогам, які необхідні для умови її експлуатування.

В якості таймера була обрана недорога та перевірена часом мікросхема NE555 (рис. 2.7).

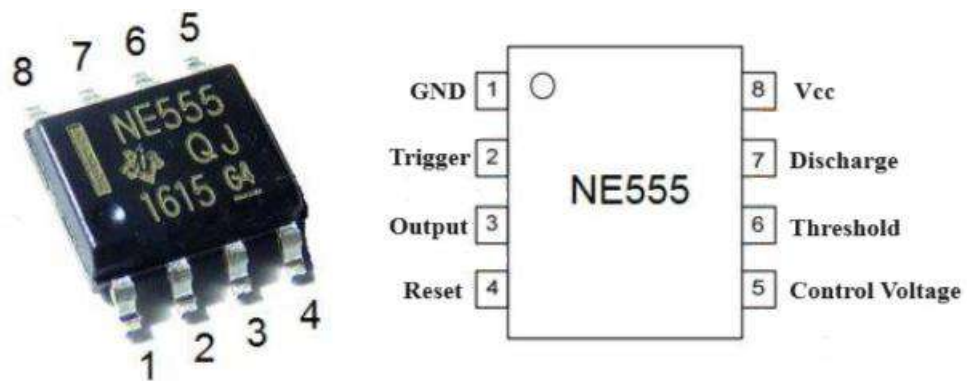


Рисунок 2.7 — Зовнішній вигляд та розпіновка NE555[13]

Характеристики:

- Напруга джерела живлення від +4.5В до +18В;
- Потужність розсіювання до 600 мВт;
- Вихідний струм до 200 мА;
- Максимальна робоча частота 500 кГц;
- Робоча температура від 0 до 70 °С;

Параметри даної мікросхеми відповідають вимогам, які необхідні для умови її експлуатування.

#### 2.4.8 Інші елементи

У схемі наявне трансформатор, діодний випрямляч, SPDT реле, оперативний підсилювач, електричний дзвінок та роз'єм.

В якості трансформатора був обраний компактний та надійний варіант TR Z04.50/09b від компанії WTH[14]. Його характеристики:

- Вхідна напруга — 230 В;
- Вихідна напруга — 9 В;
- Вихідний струм — 500 мА;
- Потужність — 4,5 ВА.

Діодний випрямляч був обраний від компанії Taiwan Semiconductor[15], він надійний, не дорогий та відповідає необхідним вимогам. Його характеристики:

- Максимальна зворотна напруга — 600V
- Максимальний прямиий струм — 800мА
- Робоча температура від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $150^{\circ}\text{C}$

Реле було обрано G2RL-1 від компанії Omron Electronics LLC[10], оскільки воно призначене для використання в таких системах як: двигун вентилятора, заслінка, активне очищення повітря, вентилятори для збільшення потоку повітря у повітроводах тощо. Номінальна напруга котушки реле становить 5 В.

В якості операційного підсилювача був обраний LM358 (рис. 2.8). Однією з основних причин його вибору було те, що він підходить для роботи від батареї, оскільки має низький рівень споживання енергії.

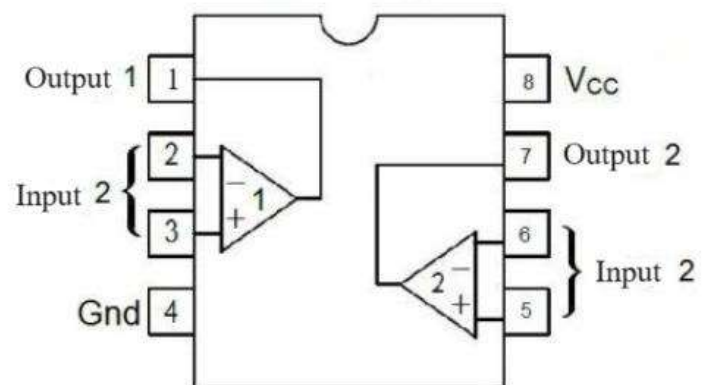


Рисунок 2.8 — Зовнішній вигляд та розпіновка LM358[16]

Даний двоканальний операційний підсилювач, який має наступні характеристики:

- Напруга живлення — від 3 В до 32 В;



- Струм живлення — 350 мкА;
- Постійне посилення напруги — 100 дБ;
- Робоча температура від 0 до 70 °С.

В якості дзвінка була обрана п'єзоелектрична модель MSR516NJR від компанії Mallory Sonalert Products Inc[10]. Її характеристики:

- Напруга джерела живлення від 5 В до 16 В;
- Гучність від 86 dB до 105 dB;
- Струм живлення від 3 мА до 12 мА;
- Робоча температура від -40°С до 85°С

Роз'єм був обраний від компанії Wurth Elektronik, модель 691104700002[17]. Вироби даної марки мають прийнятну ціну та є досить надійними.

Параметри обраних елементів відповідають вимогам, які необхідні для умов їх експлуатування.

Як результат в даному розділі були проаналізовані схемотехнічні варіанти, на основі яких були створені структурна та електрична принципова схеми, а також підібрана відповідна елементна база.

## **3 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА**

Оскільки плату планується виготовляти через сервіс JLCPCB, то було прийнято рішення обрати ДДП. З питання вартості такого кроку, можна сказати, що ціна на односторонню та двосторонню плату однакових розмірів у даного виробника відрізняється всього лише на 1-2 долари США, які нівелюються при зменшенні розмірів за рахунок того, що плата двостороння.

### **3.1 Вибір матеріалу та припою**

Компанія виробник пропонує на вибір 6 варіантів матеріалу для виготовлення плати, проте лише 4 з них підходять для виготовлення ДДП. Оскільки не планується виготовляти ні високочастотну ні гнучку плату, то залишається в якості матеріалу лише ФС FR-4. Він є найбільш поширеним у світі матеріалом для вироблення дво- та багатошарових друкованих плат, є надійним та дешевим, тому було обрано саме його. Товщина обрана стандартна — 1,5 мм. Через наявність високих струмів в деяких місцях товщину фольги було обрано стандартна 70 мкм[18].

Відповідно до європейських стандартів було обрано безсвинцевий припій SRA135[19]. Він не дорогий, не потребує очищення, має можливість повторної припайки та діапазон температури плавлення від 93°C до 315°C.

### **3.2 Розрахунок діаметра монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків**

Для створення моделей елементів в середовищі Altium, а також коректному відображенню їх на друкованій платі необхідно для початку розрахувати діаметр отворів під кріплення елементів та розміри їх контактних майданчиків. Отримані дані також стануть в нагоді при обчисленні мінімально необхідної площі плати.

Для елементів поверхневого монтажу розміри контактних майданчиків розраховуються за формулою (3.1):

$$Dk = Dv + 0,3 \quad (3.1)$$

де  $Dk$  — розміри контактних майданчиків;  $Dv$  — розміри виводів.

Отримані значення наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Розміри контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу

Назва елемента	$Dv$	$Dk$
Конденсатор 1206	1,95	2,3
Світлодіод KP-2012KD (datasheet)	—	1,25 x 1,1
Підсилювач LM358 (datasheet)	—	1,55x0,6
Таймер NE555 (datasheet)	—	1,5x0,5
Діодний випрямляч MBS6 (datasheet)	—	0,9x1,8

Діаметри отворів для ТНТ елементів розраховуються за формулою (3.2):

$$Do = Dv + 0,2 \quad (3.2)$$

де  $Do$  — розміри отворів для вивідних елементів.

Розміри контактних майданчиків для ТНТ елементів розраховуються за формулою (3.3):

$$Dk = Do + \frac{2}{3} Do \quad (3.3)$$

Отримані значення наведено в таблиці 2.2

Таблиця 3.2 — Розміри контактних майданчиків для вивідних елементів

Назва елемента	$Dv$	$Do$	$Dk$
NodeMcu ESP8266	—	1,3	2,2
Стабілізатор LM7805	1,078	1,3	2,2
Змінний резистор 3009P-1-103ZLF	0,6	0,8	1,4
Транзистор 2N2219	0,5	0,7	1,2
Датчик MQ-2	—	1,3	2,2
Діод 1N4007	0,9	1,1	1,9
Дзвінок AZI-14N40	0,8	1	1,7

Назва елемента	$D_v$	$D_o$	$D_k$
Трансформатор TR Z04.50/09b	0,9	1,1	1,9
Резистор	0,6	0,8	1,4
Полярний конденсатор 16 В/35 В	0,6	0,8	1,4
SPDT реле G2RL-1	0,5	0,7	1,2
Роз'єм (datasheet)	—	1,3	1,95

Розрахунки були проведені з огляду на данні з довідників на елементи. В деяких з них були представлені лише рекомендації стосовно розмірів контактних майданчиків, дані елементи мають приписку «datasheet» в таблиці. Значення параметра  $D_k$  були округлені до першого знаку після коми в більшу сторону. Отримані результати в таблицях будуть в подальшому використані при побудові моделей елементів, а також при заданні правил в середовищі Altium Designer.

### 3.3 Визначення габаритів друкованої плати

Розрахуємо мінімально необхідну площу плати. Для цього знайдемо в середовищі Altium площу кожного елемента, а також врахуємо площу отворів для кріплення плати.

Загальна площа друкованої плати буде розрахована за наступною формулою:

$$S = \sum WLnk \quad (3.4)$$

де  $W$  — ширина елемента,  $L$  — довжина елемента,  $n$  — кількість елементів,  $k$  — коефіцієнт що залежить від розміру елемента.

Результати розрахунків наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 — Мінімальна площа плати

Елемент	Площа, мм <sup>2</sup>	Кількість, шт.	Коефіцієнт	Загальна площа, мм <sup>2</sup>
Резистор	18	8	1	144
Конденсатор 1206	11,76	1	1	11,76
Стабілізатор LM7805	50	1	1	50
Змінний резистор 3009P-1-103ZLF	105	1	1	105
Транзистор 2N2219	71	2	1	142
Таймер NE555	110	1	2	220
Підсилювач LM358	41,25	1	2	82,5
Датчик MQ-2	640	1	1,5	960
Діод 1N4007	39	1	1	39
Дзвінок AZI-14N40	168	1	1	168
NodeMcu ESP8266	1261	1	2,5	3152
Трансформатор TR Z04.50/09b	1512	1	1,5	2268
Діодний випрямляч MBS6	30	1	1,5	45
Світлодіод KP-2012 KD	8	1	1	8
Полярний конденсатор 16 В	95	1	1	95
Полярний конденсатор 35 В	154	1	1	154
SPDT реле G2RL-1	368	1	1.5	552
Роз'єм 691214110002	260	2	1	520
Кріплення плати	92	4	1	368
Мінімальна площа плати:				~9020

Для двосторонньої друкованої плати необхідно враховувати тільки площу вивідних елементів, тому її мінімальна необхідна площа буде становити — 8670 мм<sup>2</sup>. Визначившись з площею плати, доцільно вибрати

типорозмір плати 80x110 мм, через наявність великогабаритних елементів, таких, як трансформатор та WI-FI модуль.

### 3.4 Розрахунок параметрів друкованих провідників

Перш ніж приступити до обчислень, необхідно визначити максимальні значення напруги та струму, що проходять через схему, оскільки ці дані будуть потрібні для подальших розрахунків. Після аналізу електричної схеми було визначено, що для сигнальних проводів максимальний струм становить  $I_{\max} = 0,5$  А, а для силових  $I_{\max} = 10$  А та  $I_{\max} = 1$  А. Напруга для силових —  $U_{\max} = 220$  В та  $U_{\max} = 9$  В, в сигнальних —  $U_{\max} = 5$  В. Під час виконання обчислень також потрібно враховувати довжину провідників, питомий опір, допустиму щільність струму в провіднику і товщину фольги. Всі розрахунки будуть проводитись у середовищі Mathcad, їх результати наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 — Ширина провідників та зазор між ними

Тип лінії	Напруга, В	Струм, А	Ширина провідника, мм		Зазор, мм
			У вузькому	У широкому	
Силова 1	220 В, змінна	До 10 А	7,413	7,413	0,35
Силова 2	9В, постійна	До 1 А	0,714	0,714	0,35
Сигнальна	5В, постійна	До 0,5 А	0,357	0,55	0,35

Всі розрахунки наведені в додатку В.

### 3.5 Трасування провідників та компоновка елементів

На основі вище зазначених розрахунків в середовищі Altium Designer були розроблені футпринти елементів з відповідними контактними майданчиками та отворами для виводів. Після цього розмістимо їх на ДП та проведемо трасування доріжок. Землю виконаємо заливкою з обох сторін плати. Оскільки плата двостороння, то SMD та ТНТ елементи розташовувались на різних сторонах плати, задля зменшення її розмірів. Елементи з якими буде взаємодіяти користувач встановлювались з краю

плати та поруч один з одним, для більшої зручності. Також для зручності виготовлення плати на ній додатково були створені дві реперні мітки.

Результати трасування верхнього та нижнього шарів відповідно наведені на рис. 3.1 та рис. 3.2.

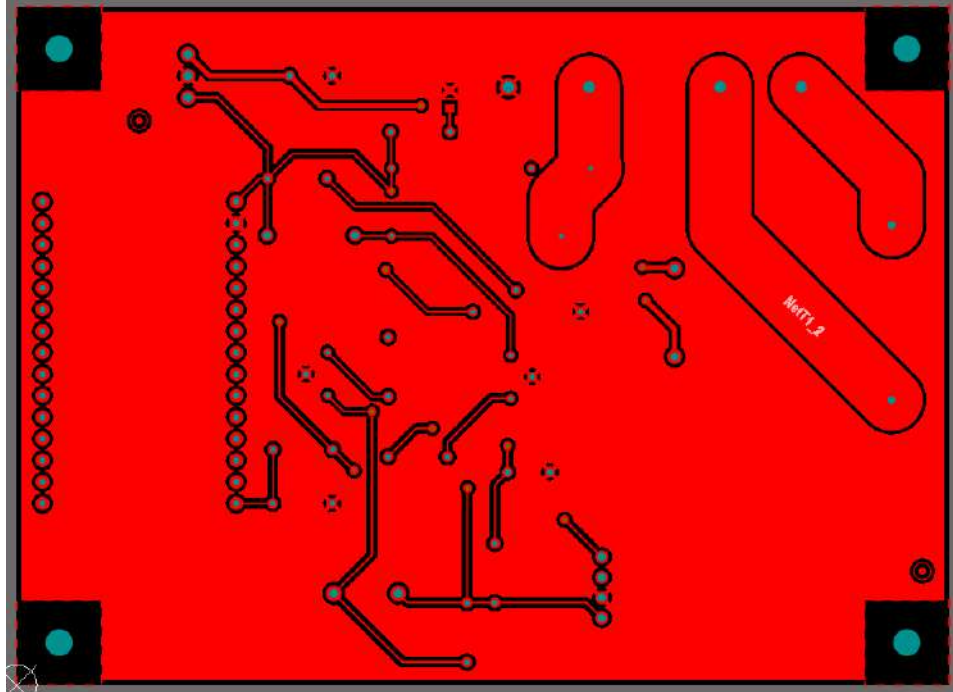


Рисунок 3.1 — Трасування верхнього шару

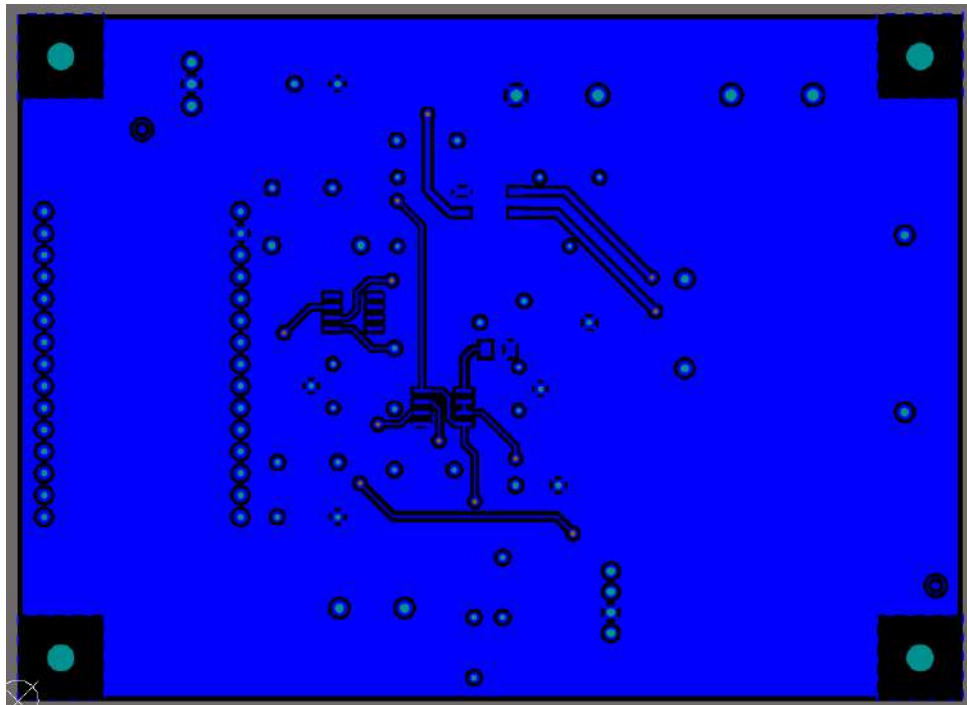


Рисунок 3.2 — Трасування нижнього шару

Як результат в даному розділі було обрано тип, матеріал та припій для друкованої плати. Були обчислені розміри контактних майданчиків та діаметр монтажних отворів для SMD та THT елементів. Визначено розміри друкованої плати. На основі струмів, які протікають по схемі було обчислено ширину друкованих провідників та проведено безпосереднє трасування плати в середовищі Altium Designer.



## 4 РОЗРОБКА КОРПУСУ

Створення корпусу буде проходити в середовищі SolidWorks.

Під час розробки потрібно звернути увагу на те, що корпус має передбачати у собі отвори для роз'ємів, які забезпечують зв'язок плати з мережею та витяжкою. Також на кришці корпусу необхідно зробити перфорацію для дзвінка та датчика газу, а також встановити світловод, який буде відображати стан світлодіоду. За для зручності користувача функції роз'ємів та світлодіоду мають бути підписані на корпусі. Оскільки пристрій буде кріпитися до стіни, стелі або іншого об'єкту побуту на розсуд користувача, то в ньому також повинні бути передбачені отвори під дані кріплення.

Попередньо оберемо матеріал, з якого буде виготовлятися корпус, будемо відштовхуватись від того, що пристрій весь час знаходиться в приміщенні. Для таких цілей цілком підходить пластик ABS. Він надійний, термостійкий, а саме головне — дешевий.

Його основні характеристики наведені в таблиці 4.1.[20]

Таблиця 4.1 — Параметри ABS пластику

Середня густина	$1,07 \frac{г}{см^3}$
Міцність на розрив	43 МПа
Міцність на вигин	77 МПа
Усадка при 23°C	0,4-0,8%
Середня ціна	$125 \frac{грн}{кг}$

Виготовлення прототипу корпусу буде відбуватися на 3D-принтері. Для серійного виробництва буде використовуватися лиття під тиском.

На рисунку 4.1 показаний вид корпусу у зібраному стані.



Рисунок 4.1 — Корпус

Габаритні розміри корпусу становлять 161x121x54 мм. Кріплення кришки до корпусу та роз'єму «220 V» відбуваються за рахунок гвинтів M2,5 та закладних гайок M2,5, кріплення основи до плати забезпечують гвинти M3 та закладні гайки M3. Кріплення корпусу до будь-якого обраного користувачем об'єкту буде відбуватися за рахунок гвинтів M6. Перфорація здійснюється за рахунок отворів діаметром 1 мм, які розташовані над датчиком та дзвінком.

В даному розділі було проведено розробку корпусу в середовищі SolidWorks. Отриманий корпус містить в собі всі необхідні написи, роз'єми, отвори для кріплень та перфораційні отвори, які забезпечують оптимальну роботи та зручне користування пристроєм.

## 5 ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ

Для максимізації ефективності сконструйованого пристрою необхідно дослідити та визначити оптимальний діапазон його розташування відносно газової плити. Для цього буде проведено два етапи дослідних робіт. Перший — розробка моделі розповсюдження газу в кухні в середовищі SolidWorks, для визначення оптимальних зон для розташування пристрою. В другому етапі буде проведено дослідження безпосередньо з реальним макетом на кухні.

### 5.1 Перший етап досліджень

Для початку створимо стандартне кухонне приміщення, з базовим наповненням: шафи, раковина, плита, стіл і т. д. Середні розміри кухні в Україні є наступні: висота приміщення від 2,6 до 2,8 м, площа від 8 до 15 м<sup>2</sup>. При моделюванні було обрано значення висоти 2,7 м, площа — 11 м<sup>2</sup> (рис.5.1).

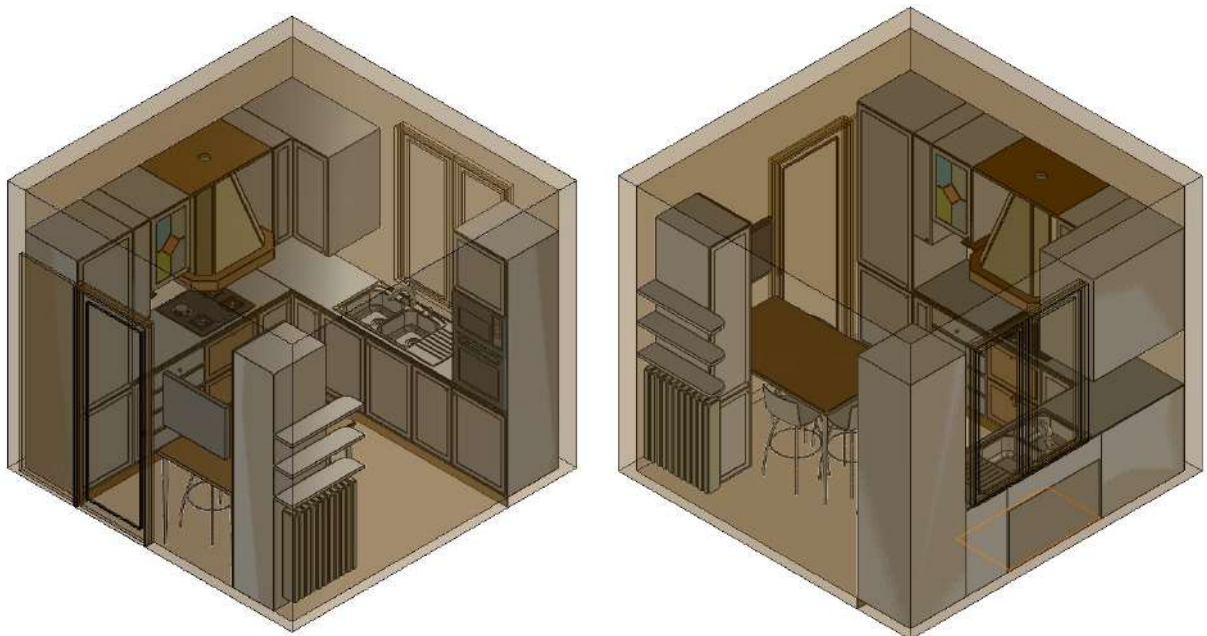


Рисунок 5.1 — Модель кухні

Далі визначимо характеристики газу, який використовується в побуті. В Україні компанія «Нафтогаз Україна» постачає своїм клієнтам природний

газ, основним компонентом якого є метан (близько 90%). [21] Саме його і буде обрано в якості газу, що буде досліджуватись в SolidWorks. Для навколишнього середовища були задані нормальні умови: тиск — 101325 Па, температура — 293,2 К. Тиск газу на виході з плити, враховуючи при цьому і атмосферний тиск, в найгіршому випадку становить 101350 Па, це значення і було обрано, температура також складатиме 293,2 К.

Проведемо симуляцію витоку газу з плити, щоб побачити куди тече газ і де відбувається його найбільше скупчення.

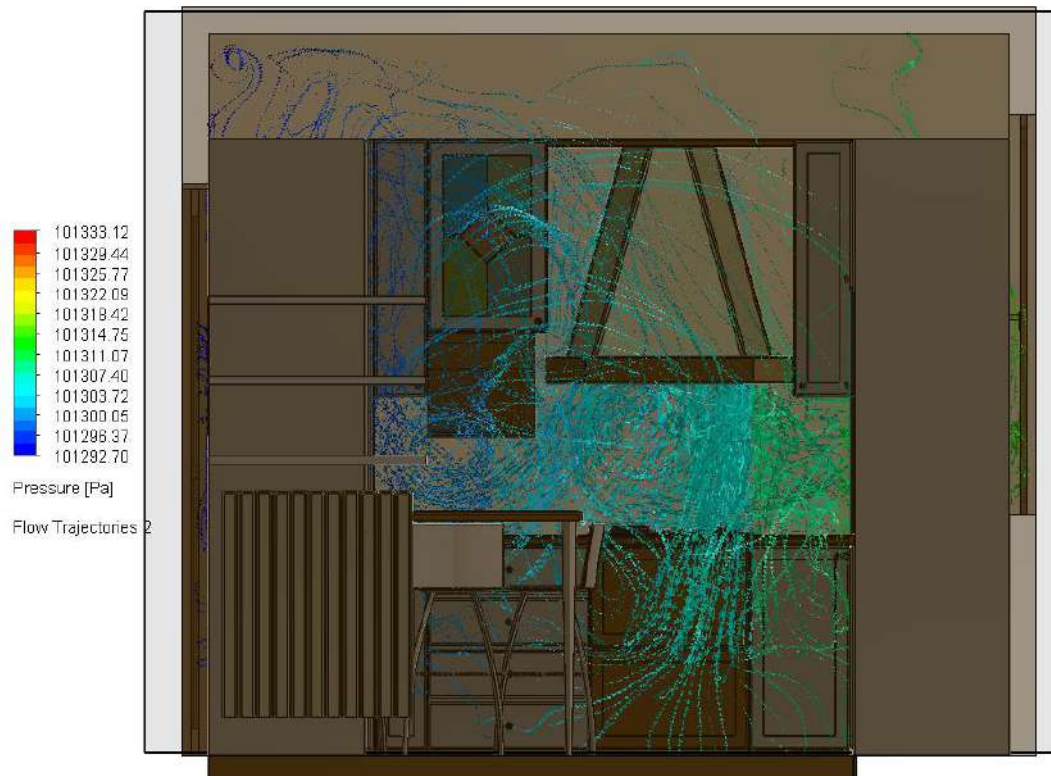


Рисунок 5.2 — Розподіл газу від спереду

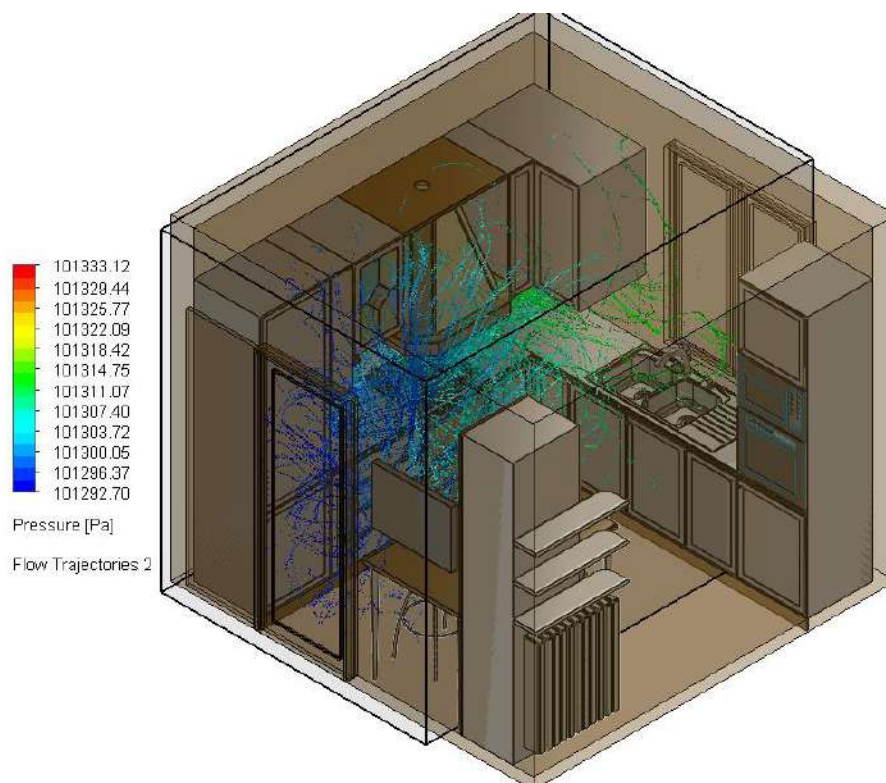


Рисунок 5.3 — Розподіл газу вид з верхнього лівого кута

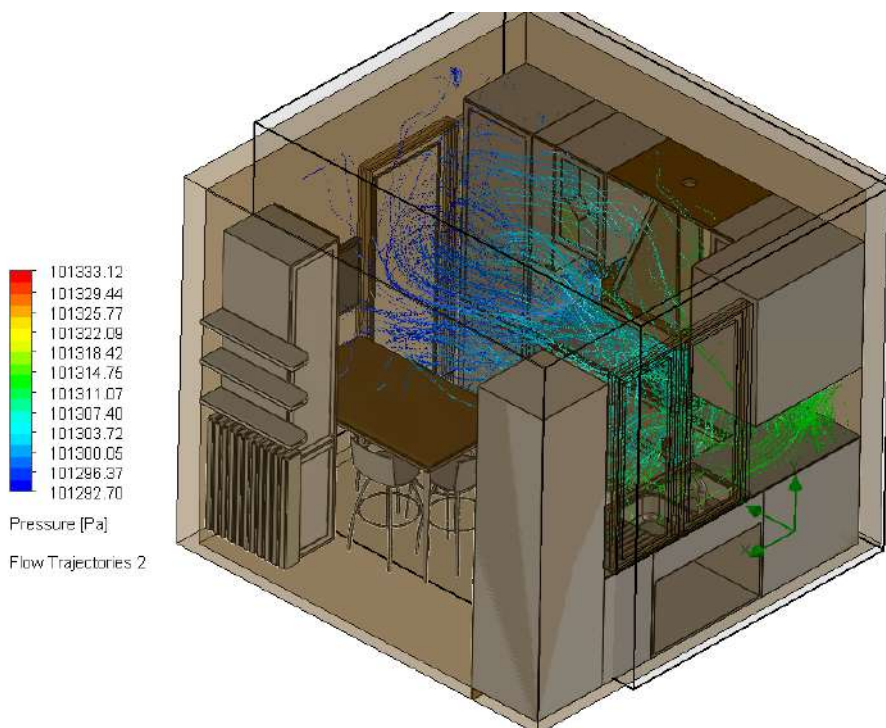


Рисунок 5.4 — Розподіл газу вид з верхнього правого кута

Як видно з отриманих результатів моделювання, найбільше скупчення газу знаходиться на рівні кухонної плити, а саме на кухонних меблях. З цього можна зробити перший висновок, що розташовувати прилад потрібно на висоті від 0,9 до 1,5 м від підлоги, найкращим варіантом буде його

розташування на висоті 1-1,1 м для більш швидкого реагування. Другий висновок з отриманої моделі наступний — краще розташовувати прилад з протилежної до двері сторони, оскільки там частіше за все виникає конвекція, яка може ускладнити виявлення витoku газу.

## 5.2 Другий етап досліджень

Після того як були визначені оптимальні зони встановлення пристрою, необхідно прибрати з отриманих результатів діапазон, в якому можуть відбуватися хибні спрацьовування, наприклад під час запалення плити для приготування їжі.

Для проведення досліджень створимо наступну схему, яка буде включати в себе Arduino Nano, датчик MQ-2, кабелі дюпони та макетну плату. Макет створюється на основі Arduino Nano, а не NodeMCU, оскільки остання не має піна, який може забезпечити живлення 5 В, на відміну від Arduino.

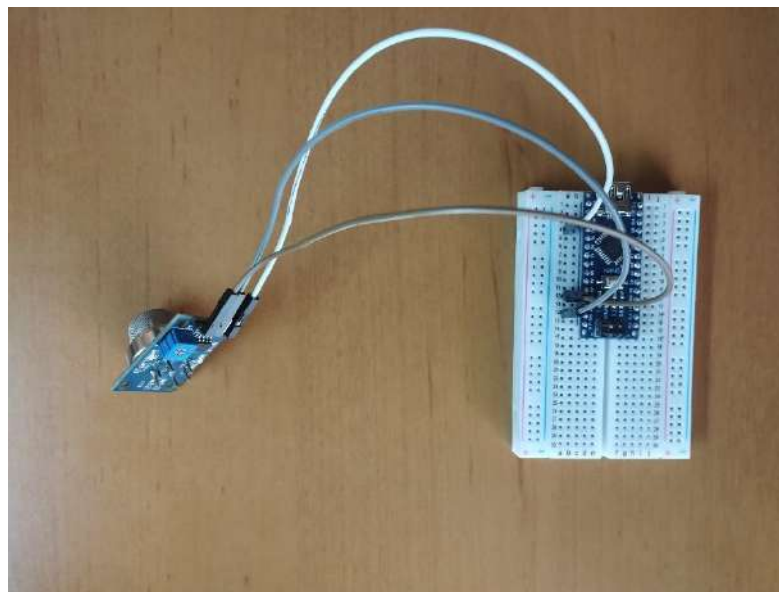


Рисунок 5.5 — Макет пристрою

Підключимо макет до комп'ютера, та завантажимо код, який буде показувати стан газу в повітрі, на плату Arduino. Код наведено в додатку Г.

Вимірювання будуть відбуватися в стандартній кухні багатоповерхівки, розмірами 2,65 на 3,4 м (рис. 5.6).

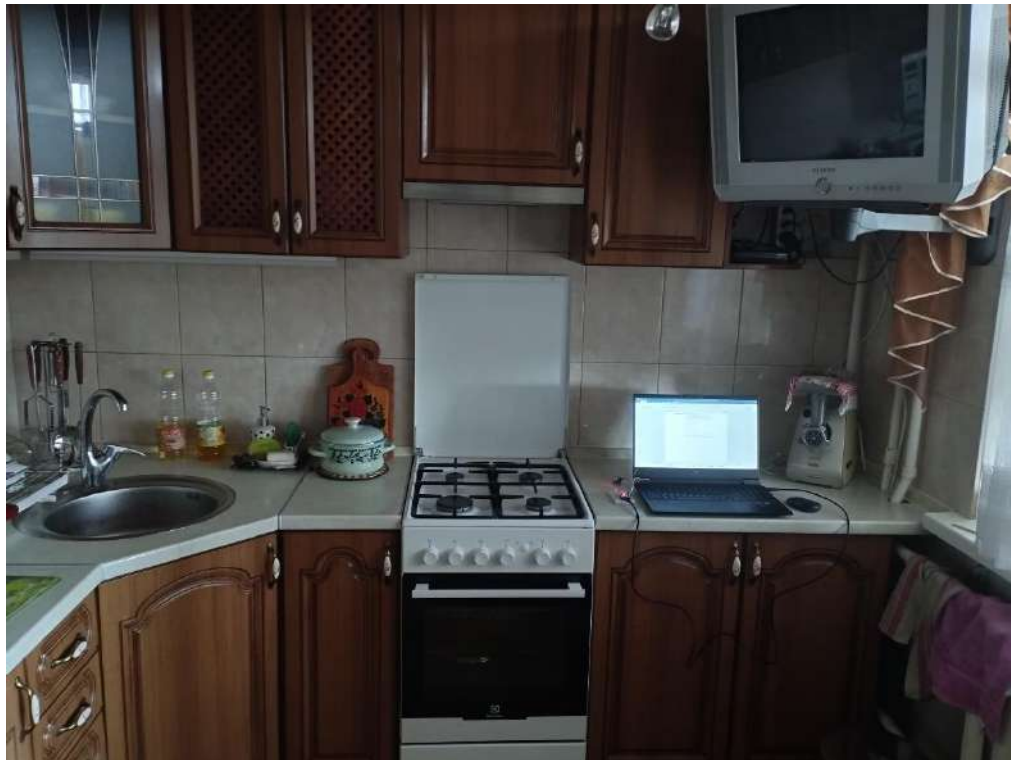


Рисунок 5.7 — Приміщення для дослідів

Перед початком дослідів потрібно почекати хвилин 5-10, щоб датчик встиг нагрітися для коректної роботи. Після того, як датчик нагрівся і готовий до роботи зафіксуємо його показники в нормальних умовах (рис. 5.7).

```

Бывод  Монитор порта  ×
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COM3')

MQ Sensor Value: 226
MQ Sensor Value: 227
MQ Sensor Value: 228
MQ Sensor Value: 227
MQ Sensor Value: 228
MQ Sensor Value: 227

```

Рисунок 5.7 — Показники в нормальних умовах

Як видно з рисунка вище, значення знаходяться в діапазоні від 225 до 230. Встановимо пробне порогове значення 400, при якому буде відбуватися оповіщення.

Виміри показали, що висота плити становить 0,86 м, тому опираючись на дані, отримані в першому етапі досліджень, розташуємо датчик на висоті 1,1 м від підлоги.

Спробуємо розташувати його для початку поза габаритами плити, з правої сторони від неї на відстані 0,1 м (вхід на кухню знаходиться зліва). Враховуючи зручність для користувача, розмістимо датчик на стіні, оскільки там зазвичай його і будуть встановлювати.

Зафіксуємо показники з найближчої та найдалшої конфорок для того, щоб визначитись, яке граничне значення потрібно ставити для спрацювання датчика і чи дане місце є оптимальним для його розташування. При цьому візьмемо 10 секунд — максимальна кількість часу, яка потрібна для того, щоб запалити плиту.

Ввімкнемо найближчу конфорку на середню потужність на 30 секунд та зафіксуємо показники датчика (рис. 5.8).

Вывод	Монитор порта	Вывод	Монитор порта
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COM		Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COI	
MQ Sensor Value: 482	8 секунда	MQ Sensor Value: 532	22 секунда
Увага, газ!		Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 467	9 секунда	MQ Sensor Value: 526	23 секунда
Увага, газ!		Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 455	10 секунда	MQ Sensor Value: 524	24 секунда
Увага, газ!		Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 451	11 секунда	MQ Sensor Value: 521	25 секунда
Увага, газ!		Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 453	12 секунда	MQ Sensor Value: 541	26 секунда
Увага, газ!		Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 452	13 секунда	MQ Sensor Value: 564	27 секунда
Увага, газ!		Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 459	14 секунда	MQ Sensor Value: 588	28 секунда
Увага, газ!		Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 469	15 секунда	MQ Sensor Value: 564	29 секунда
Увага, газ!		Увага, газ!	
		MQ Sensor Value: 534	30 секунда

Рисунок 5.8 — Показники з найближчої конфорки

Почекаємо поки показники датчика повернуться до нормальних, та повторимо дослід на найдалшій конфорці.



Вывод	Монитор порта x	Вывод	Монитор порта x
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COM3')		Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' or	
MQ Sensor Value: 240	<b>1 секунда</b>	MQ Sensor Value: 374	<b>18 секунда</b>
MQ Sensor Value: 246	<b>2 секунда</b>	MQ Sensor Value: 378	<b>19 секунда</b>
MQ Sensor Value: 249	<b>3 секунда</b>	MQ Sensor Value: 371	<b>20 секунда</b>
MQ Sensor Value: 248	<b>4 секунда</b>	MQ Sensor Value: 369	<b>21 секунда</b>
MQ Sensor Value: 247	<b>5 секунда</b>	MQ Sensor Value: 368	<b>22 секунда</b>
MQ Sensor Value: 245	<b>6 секунда</b>	MQ Sensor Value: 364	<b>23 секунда</b>
MQ Sensor Value: 244	<b>7 секунда</b>	MQ Sensor Value: 367	<b>24 секунда</b>
MQ Sensor Value: 246	<b>8 секунда</b>	MQ Sensor Value: 382	<b>25 секунда</b>
MQ Sensor Value: 258	<b>9 секунда</b>	MQ Sensor Value: 395	<b>26 секунда</b>
MQ Sensor Value: 301	<b>10 секунда</b>	MQ Sensor Value: 401	<b>27 секунда</b>
MQ Sensor Value: 311	<b>11 секунда</b>	Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 319	<b>12 секунда</b>	MQ Sensor Value: 408	<b>28 секунда</b>
MQ Sensor Value: 328	<b>13 секунда</b>	Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 319	<b>14 секунда</b>	MQ Sensor Value: 419	<b>29 секунда</b>
MQ Sensor Value: 311	<b>15 секунда</b>	Увага, газ!	
		MQ Sensor Value: 426	<b>30 секунда</b>
		Увага, газ!	

Рисунок 5.9 — Показники з найдальшої конфорки

З рисунків 5.8 та 5.9 видно, що різниця між найближчою та найдальшою конфорками є дуже велика, тому встановлення датчика за габаритами плити, не є оптимальним варіантом для його швидкого та якісного спрацювання.

Спробуємо змінити розташування датчика та встановити його на стінці безпосередньо за плитою по її середині на тій же висоті, 1,1 м від підлоги. Виміряємо показники з найближчої та найдальшої конфорок при середній потужності витоку газу (рис. 5.10 та 5.11).

Вывод Монитор порта ×	
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'CO	
MQ Sensor Value: 266	<b>17 секунда</b>
MQ Sensor Value: 267	<b>18 секунда</b>
MQ Sensor Value: 281	<b>19 секунда</b>
MQ Sensor Value: 300	<b>20 секунда</b>
MQ Sensor Value: 296	<b>21 секунда</b>
MQ Sensor Value: 293	<b>22 секунда</b>
MQ Sensor Value: 317	<b>23 секунда</b>
MQ Sensor Value: 464	<b>24 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 486	<b>25 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 473	<b>26 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 496	<b>27 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 526	<b>28 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 524	<b>29 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 518	<b>30 секунда</b>
Увага, газ!	

Рисунок 5.10 — Показники з найдальшої конфорки

Вывод Монитор порта ×	
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COM3')	
MQ sensor value: 430	
MQ Sensor Value: 295	<b>16 секунда</b>
MQ Sensor Value: 364	<b>17 секунда</b>
MQ Sensor Value: 466	<b>18 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 527	<b>19 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 561	<b>20 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 565	<b>21 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 555	<b>22 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 561	<b>23 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 560	<b>24 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 545	<b>25 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 545	<b>26 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 512	<b>27 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 527	<b>28 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 544	<b>29 секунда</b>
Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 528	<b>30 секунда</b>
Увага, газ!	

Рисунок 5.11 — Показники з найближчої конфорки

Як результат — бачимо, що при такому розташуванні приладу різниця між найближчою та найдалшою конфорками не така велика. Таке встановлення датчика цілком прийнятне. Значення при якому пристрій буде реагувати на витік потрібно встановлювати на рівні 450-500, таким чином мине лише від 18 до 24 секунд з часу небажаного витоку газу.

Розташуємо тепер прилад на відстані 1,3 м від підлоги на стіні приблизно посередині плити. В даному випадку відстань між кожною конфоркою та датчиком пропорційно менше відрізняється в порівнянні з попереднім варіантом, але все таки варто виміряти ближню та дальню конфорки (рис. 5.12 та 5.13).

Вывод	Монитор порта	×	Вывод	Монитор порта	×
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on			Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on		
MQ Sensor Value: 224		<b>1 секунда</b>	MQ Sensor Value: 449		<b>17 секунда</b>
MQ Sensor Value: 224		<b>2 секунда</b>	Увага, газ!		<b>18 секунда</b>
MQ Sensor Value: 225		<b>3 секунда</b>	MQ Sensor Value: 469		<b>19 секунда</b>
MQ Sensor Value: 225		<b>4 секунда</b>	Увага, газ!		<b>20 секунда</b>
MQ Sensor Value: 225		<b>5 секунда</b>	MQ Sensor Value: 466		<b>21 секунда</b>
MQ Sensor Value: 225		<b>6 секунда</b>	Увага, газ!		<b>22 секунда</b>
MQ Sensor Value: 224		<b>7 секунда</b>	MQ Sensor Value: 458		<b>23 секунда</b>
MQ Sensor Value: 224		<b>8 секунда</b>	Увага, газ!		<b>24 секунда</b>
MQ Sensor Value: 223		<b>9 секунда</b>	MQ Sensor Value: 449		<b>25 секунда</b>
MQ Sensor Value: 226		<b>10 секунда</b>	Увага, газ!		<b>26 секунда</b>
MQ Sensor Value: 286		<b>11 секунда</b>	MQ Sensor Value: 441		<b>27 секунда</b>
MQ Sensor Value: 345		<b>12 секунда</b>	Увага, газ!		<b>28 секунда</b>
MQ Sensor Value: 328		<b>13 секунда</b>	MQ Sensor Value: 430		<b>29 секунда</b>
MQ Sensor Value: 313		<b>14 секунда</b>	Увага, газ!		<b>30 секунда</b>
MQ Sensor Value: 296		<b>15 секунда</b>	MQ Sensor Value: 426		
MQ Sensor Value: 346		<b>16 секунда</b>	Увага, газ!		
			MQ Sensor Value: 423		
			Увага, газ!		
			MQ Sensor Value: 422		
			Увага, газ!		
			MQ Sensor Value: 422		
			Увага, газ!		
			MQ Sensor Value: 423		
			Увага, газ!		
			MQ Sensor Value: 424		
			Увага, газ!		
			MQ Sensor Value: 437		
			Увага, газ!		

Рисунок 5.12 — Показники з найдалшої конфорки

Вывод	Монитор порта ×	Вывод	Монитор порта ×
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COM3')		Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COM3')	
MQ Sensor Value: 223	<b>1 секунда</b>	MQ Sensor Value: 433	<b>17 секунда</b>
MQ Sensor Value: 222	<b>2 секунда</b>	Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 223	<b>3 секунда</b>	MQ Sensor Value: 419	<b>18 секунда</b>
MQ Sensor Value: 222	<b>4 секунда</b>	Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 222	<b>5 секунда</b>	MQ Sensor Value: 409	<b>19 секунда</b>
MQ Sensor Value: 223	<b>6 секунда</b>	Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 223	<b>7 секунда</b>	MQ Sensor Value: 416	<b>20 секунда</b>
MQ Sensor Value: 222	<b>8 секунда</b>	Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 223	<b>9 секунда</b>	MQ Sensor Value: 443	<b>21 секунда</b>
MQ Sensor Value: 223	<b>10 секунда</b>	Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 225	<b>11 секунда</b>	MQ Sensor Value: 465	<b>22 секунда</b>
MQ Sensor Value: 304	<b>12 секунда</b>	Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 410	<b>13 секунда</b>	MQ Sensor Value: 487	<b>23 секунда</b>
Увага, газ!		Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 431	<b>14 секунда</b>	MQ Sensor Value: 492	<b>24 секунда</b>
Увага, газ!		Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 414	<b>15 секунда</b>	MQ Sensor Value: 495	<b>25 секунда</b>
Увага, газ!		Увага, газ!	
MQ Sensor Value: 421	<b>16 секунда</b>	MQ Sensor Value: 492	<b>26 секунда</b>
		Увага, газ!	
		MQ Sensor Value: 488	<b>27 секунда</b>
		Увага, газ!	
		MQ Sensor Value: 484	<b>28 секунда</b>
		Увага, газ!	
		MQ Sensor Value: 491	<b>29 секунда</b>
		Увага, газ!	
		MQ Sensor Value: 503	<b>30 секунда</b>
		Увага, газ!	

Рисунок 5.13— Показники з найближчої конфорки

В даному випадку, з рисунків 5.12 та 5.13 видно, що максимальне значення концентрації газу зменшилось за період витoku в 30 секунд, що в принципі є логічним, оскільки датчик віддалився від плити. Для даного розташування оптимальною границею для виявлення газу є значення ~ 420. Мине лише від 14 до 17 секунд з часу небажаного витoku газу.

Розташуємо тепер прилад на відстані 1,5 м від підлоги на шафі (або безпосередньо на витяжці), таким чином щоб він був на відстані 0,1-0,15 м від стіни та проведемо дослідження. В даному випадку відстань між кожною конфоркою та датчиком відрізняється мінімально, тому не має сенсу вимірювати для окремих конфорок (рис. 5.14).

Вывод	Монитор порта	×
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano')		
MQ sensor value: 220		
MQ Sensor Value: 228		1 секунда
MQ Sensor Value: 227		2 секунда
MQ Sensor Value: 227		3 секунда
MQ Sensor Value: 227		4 секунда
MQ Sensor Value: 228		5 секунда
MQ Sensor Value: 229		6 секунда
MQ Sensor Value: 235		7 секунда
MQ Sensor Value: 281		8 секунда
MQ Sensor Value: 270		9 секунда
MQ Sensor Value: 303		10 секунда
MQ Sensor Value: 316		11 секунда
MQ Sensor Value: 344		12 секунда
MQ Sensor Value: 351		13 секунда
MQ Sensor Value: 353		14 секунда
MQ Sensor Value: 354		15 секунда

Вывод	Монитор порта	×
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano')		
MQ Sensor Value: 353		
MQ Sensor Value: 354		15 секунда
MQ Sensor Value: 344		16 секунда
MQ Sensor Value: 334		17 секунда
MQ Sensor Value: 360		18 секунда
MQ Sensor Value: 377		19 секунда
MQ Sensor Value: 420		20 секунда
Увага, газ!		21 секунда
MQ Sensor Value: 450		22 секунда
Увага, газ!		23 секунда
MQ Sensor Value: 465		24 секунда
Увага, газ!		25 секунда
MQ Sensor Value: 468		26 секунда
Увага, газ!		27 секунда
MQ Sensor Value: 465		28 секунда
Увага, газ!		29 секунда
MQ Sensor Value: 406		30 секунда
Увага, газ!		
MQ Sensor Value: 403		
Увага, газ!		

Рисунок 5.14 — Показники витоку

З рисунку 5.14 видно, що максимальне значення концентрації газу за період витоку в 30 секунд ще трішки зменшилось. Для даного розташування оптимальною границею для виявлення газу є значення  $\sim 400$ . Через 20 секунд датчик зафіксує небажаний виток газу.

Отже, як результат досліджень, було визначено, що оптимальне місце розташування пристрою, для найшвидшого виявлення це стіна, безпосередньо поза плитою. Також було визначено, який повинен бути встановлений поріг реагування датчика на витік газу для різної висоти його встановлення: для 1,1 м  $\sim 450$ , для 1,3 м  $\sim 420$ , для 1,5 м  $\sim 400$ .

## 6 СТАРТАП-ПРОЕКТ

### 6.1 Концепція проекту

В таблиці 6.1 наведено аналіз:

- змісту концепції;
- варіанти її застосування;
- переваги, які отримає власник товару.

Таблиця 6.1 — Опис концепції стартап-проекту

Зміст концепції	Варіанти застосування	Переваги для користувача
Автономна кухонна сигналізація з системою оповіщення	Житлові приміщення	Виявлення газу або диму в приміщенні
	Ресторани, кафе тощо	Автономний запуск вентиляції в приміщенні
		Оповіщення користувача

Наступним кроком є аналіз наявних техніко-економічних переваг ідеї над пропозиціями конкурентів. В таблиці 6.2 наочно показано чим дана ідея відрізняється від існуючих аналогів та замінників.

Таблиця 6.2 — Порівняння характеристик проекту з конкурентами

Характеристики проекту	Товари конкурентів				Слабко-сторона	Нейтральна сторона	Сильна сторона
	Мій проект	XTREME XGC10	ORNO Or-Dc-614	Trevix			
Зв'язок з телефоном	Є	Немає	Немає	Є			+
Фіксація диму	Є	Є	Немає	Немає			+

## Продовження таблиці 6.2.

Характеристики проекту	Товари конкурентів				Слабка сторона	Нейтральна сторона	Сильна сторона
	Мій проект	XTRE-ME XGC10	ORNO Or-Dc-614	Trevix			
Чутливість	10± 3%	10± 3%	10± 3%	6 ± 3%		+	
Вентиляція	Є	Немає	Немає	Немає в базовій комплектації			+
Ціна	3000 грн	2000грн	1850грн	2500грн		+	

**6.2 Оцінка технічної доцільності ідеї проекту**

В даному підрозділі буде проведено оцінку можливості технологічної реалізації проекту. Результати проведеної роботи занесені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 — Технологічна здійсненність проекту

№	Концепція проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Детектування диму та витоку газу	Використання напівпровідникового датчика газу	Наявна	Доступна
2	Зв'язок користувачем	Використання Wi-Fi модуля	Наявна	Доступна
3.	Автономне вирішення проблеми	Підключення вентиляції/витяжки до системи	Наявна	Доступна

### 6.3 Аналіз можливостей ринку для старту проекту

Наступним кроком охарактеризуємо можливості та загрози з якими наш проект може зустрітися на ринку. В результаті даного аналізу будуть сплановані шляхи розвитку стартап-проекту, опираючись на стан ринку, потреби потенційних клієнтів та товари, які пропонують конкуренти (табл. 6.4).

Таблиця 6.4 — Аналіз потенційного ринку для проекту

Показники стану ринку	Характеристика
Кількість головних гравців, од	На східно-європейському ринку є приблизно 5-6 головних гравців
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	2000 грн/ ум. од
Якісна оцінка динаміки ринку	Зростає
Обмеження для входу	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обізнаність покупця про товар</li> <li>• Лояльність покупців</li> </ul>
Вимоги до стандартизації та сертифікації	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технічні вимоги за ДСТУ</li> <li>• Експлуатаційна документація</li> </ul>
Середня норма рентабельності в галузі, %	Середньорічний приріст в галузі складає ~9%

На даний момент галузь розумних будинків, та систем безпеки в них доволі швидко розвивається. Проте, на жаль відкриті дані по даній галузі вдалося знайти тільки для США, де середня норма рентабельності зростає в середньому на 9% щорічно. Порівняно з мінімальною та середньою ставками банківських відсотків на вкладення (2% та 8,5% відповідно) в США це доволі непоганий темп росту, особливо враховуючи те, що на момент проведення досліджень (2021 рік) середня банківська ставка складала всього 3,25%. Отже, за попереднім оцінюванням ринок є нормальним для входження.



Потім визначимо групи потенційних клієнтів, охарактеризуємо орієнтовний перелік їх вимог до продукту (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 — Характеристика потенційних клієнтів

Причина потреби у товарі	Цільові покупці	Відмінності у потребах залежності від групи клієнтів	Вимоги до покупців до продукту
Висока частота пожеж та витоку газу в жилих приміщеннях	Жителі приватних будинків	Доступна ціна, простота, ефективність	Висока швидкість реагування, ефективність та надійність товару, прийнятна ціна
	Жителі багатоповерхівок	Доступна ціна, простота, ефективність	
	Володарі кафе та ресторанів	Ефективність	

Складемо таблиці факторів, які сприяють та перешкоджають впровадженню продукту на ринок (табл. №№ 6.6-6.7). В таблицях чинники подані в порядку зменшення значущості.

Таблиця 6.6 — Фактори загроз

Фактор	Загрози	Варіанти реакції компанії
Реклама	Фірми що вже знаходяться на ринку можуть зробити важким появу нових конкурентів за рахунок високих витрат на рекламу, які нові компанії навряд чи зможуть оплатити.	1. Пошук інвесторів, які дадуть початковий капітал для інвестування в рекламу проекту. 2. Самореклама та залучення відомих особистостей через соціальні мережі (Instagram, Facebook тощо)

Таблиця 6.7 — Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Варіанти реакції компанії
Модернізація	Модернізація системи для використання в на підприємствах та заводах	Заклучення контрактів з підприємствами та збільшення обсягу виробництва
Співпраця з іншими компаніями	Заклучення контрактів з компаніями, які займаються системами безпеки, або смарт-будинками	Збільшення виробництва, а також охопту клієнтів

Наступним кроком охарактеризуємо загальні риси конкуренції на ринку (табл. 6.8).

Таблиця 6.8 — Аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому дана риса виражається	Варіанти реакції компанії для збільшення конкурентоспроможності
1. Тип конкуренції – Монополістична конкуренція	Даний товар виробляє до десятка компаній, і у кожної він або трохи, або більш-менш суттєво відрізняється один від одного	Реклама із усіх джерел інформації, яка буде містити прилипливий слоган. Приваблення покупців акціями та подарунками на честь відкриття компанії.

Особливості конкурентного середовища	В чому дана риса виражається	Варіанти реакції компанії для збільшення конкурентоспроможності
2. За рівнем конкурентної боротьби – міжнародний	При аналізі ринку були знайдені в основному товари європейських виробників, єдиною українською компанією був Ajax	Оскільки в Україні виробників даного товару майже нема, то можна зайняти цю нішу і спробувати витіснити міжнародних конкурентів пропонуючи якісний товар за справедливую ціну.
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Продукт використовується тільки в галузі систем захисту приміщень	Модернізація системи, для можливості її застосування на великих підприємствах де вони необхідні.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Мета продукту — захистити споживача від витоку газу та пожежі, проте вони можуть мати різні характеристики та додаткові функції.	Інтеграція в систему «розумний дім». Проведення нових досліджень та розробок, які матимуть на меті покращення ефективності та зручності товару.
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	У приладу наявні функції, які роблять його використання максимально зручним і при цьому їх немає у конкурентів	При рекламі та продажу товару звертати увагу покупців на різноманіття зручних функцій, які значно підвищують захист приміщення

Кінець таблиці 6.8

Особливості конкурентного середовища	В чому дана риса виражається	Варіанти реакції компанії для збільшення конкурентоспроможності
6. За інтенсивністю – марочна	Компанії рекламують товар під власною маркою	Розвиток та популяризація власної марки шляхом реклами, якісного товару

Проведемо більш деталізований аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю М. Портера (додаток Д) (табл. 6.9).

Таблиця 6.9 — Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти	Потенційні перешкоди	Постачальники	Клієнти	Замінники
	Ажах, виробники європейських країн	Необізнаність користувача про продавця є бар'єром входження в ринок	Товар виробляється компанією, купується лише елементна база, яка є широкодоступною	Жителі приватних будинків та багатопверхівок, заклади харчування	Товар конкурентів
Висновки	На даний момент інтенсивність конкуренції помірна	За гарної реклами є можливість входу на ринок за 1-2 місяці	Велика кількість постачальників унеможлиблює диктування умов роботи на ринку	Якщо ціна, або якість товару не влаштовують покупця, то він може обрати іншого продавця	Обмежень для роботи на ринку не має

Отже, оскільки конкуренція на ринку помірна, то вхід в ринок цілком можливий за перші декілька місяців. Відсутність важелів тиску у постачальників також є плюсом, оскільки вони не зможуть завдати шкоди компанії. Найкращий вхід в ринок забезпечать оптимальність товару за показниками ціна/якість. Також, враховуючи потенційні групи покупців товару, можна зробити висновок, що для охоплення групи мешканців приватного будинку, оптимальний час старту реклами є кінець літа – початок осені, оскільки з кінця осені жителі починають активно користуватися піччю та каміном. Для інших двох груп, час входження в ринок не є таким принциповим.

На основі таблиці 6.9 складемо перелік чинників конкурентоспроможності, враховуючи характеристики проекту, вимоги споживачів до товару та фактори ринку (табл. 6.10).

Таблиця 6.10 — Обґрунтування чинників конкурентоспроможності

№	Чинники конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Властивості	Пристрій має набагато більше корисних функцій, ніж у своїх конкурентів
2	Унікальність	В продукті наявний функціонал, який відсутній у конкурентів
3	Актуальність	Кожного року тільки в Україні трапляється близько 70 000 пожеж в будинках, не кажучи вже про випадки отруєння газом

Проаналізуємо сильні та слабкі сторони проекту, спираючись на визначені фактори конкурентоспроможності.

Таблиця 6.11 — Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту «Аварійний сигналізатор шкідливих викидів»

№	Фактор конкуренто-спроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашим проектом						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Ціна	20			+				
2	Унікальність	15		+					
3	Актуальність	18				+			
4	Масштабність	15					+		

Перейдемо до SWOT-аналізу — фінального етапу аналізу можливості реалізації проекту на ринку. На основі таблиці 6.11 складемо матрицю аналізу сильних та слабких сторін, загроз та можливостей (табл. 6.12).

Таблиця 6.12 — SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <p>1) Високий рівень захисту;</p> <p>2) Автономність;</p>	<p>Слабкі сторони:</p> <p>1) На ринку вже існують деякі популярні системи сигналізації, і доведеться змагатися з ними</p>
<p>Можливості:</p> <p>1) Ріст популярності "розумних" будинків. Можливість інтеграції з іншими "розумними" пристроями може стати конкурентною перевагою</p> <p>2) Законодавство та стандарти. Наявність таких датчиків обов'язкова в багатьох галузях праці, що створює ринкові можливості.</p>	<p>Загрози:</p> <p>1) Перехід користувачів на електроплити, електрокаміни</p>

На основі вище проведеного аналізу розробимо варіанти альтернативної поведінки для виведення стартап-проекту на ринок. Розрахуємо орієнтовний час їх реалізації, враховуючи при цьому можливі проблеми, які будуть при цьому виникати (табл. 6.13).

Таблиця 6.13 — Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№	Варіант альтернативної поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Час реалізації
1	Інтеграція з існуючими системами безпеки	Висока	Від 3 до 6 місяців
2	Партнерство із страховими компаніями	Висока	Від 1 до 2 місяців

Із запропонованих альтернатив обидві не мають проблем з отриманням ресурсів для реалізації проекту, тому через менший строк реалізації було обрано другу альтернативу, пов'язану з партнерством із страховими компаніями.

#### 6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Для початку визначимо стратегію охоплення ринку. Для цього зробимо опис цільових груп потенційних клієнтів (табл. 6.14).

Таблиця 6.14 — Визначення цільових груп потенційних клієнтів

Потенційні споживачі	Готовність сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Легкість входу у сегмент
Мешканці приватного сектору	Висока готовність	Високий у групи, яка користується піччю та каміном	Середня. Товар не міняється в залежності від груп покупців	Легкий

Продовження таблиці 6.14

Потенційні споживачі	Готовність сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Легкість входу у сегмент
Мешканці багатоповерхівок	Середня готовність	Середня. Покупці впевнені, що з ними не трапиться нещасного випадку	Середня, оскільки товар не міняється в залежності від груп покупців	Легкий
Власники кафе та ресторанів	Висока готовність	Висока, через встановлені норми безпеки в даних закладах	Середня, оскільки товар не міняється в залежності від груп покупців.	Середній. Мережа ресторанів чи кафе може мати контракт з одним виробником систем для всіх закладів
Які цільові групи обрано: Мешканці приватного сектору, багатоповерхівок та власники кафе і ресторанів				

Отже, за результатами аналізу було прийнято рішення працювати зі всім ринком, це розуміє під собою використання стратегії масовий маркетингу, пропонуючи всім групам стандартизовану програму.

Сформуємо базову стратегію розвитку для роботи з ринком (табл. 6.15).



Таблиця 6.15 — Визначення базової стратегії розвитку

Стратегія розвитку проекту	Стратегія поведінки на ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної стратегії	Базова стратегія розвитку
Надання товару важливих з точки зору споживача властивостей, які роблять товар відмінним від конкурентів	Впровадження якісного товару на ринок, який містить всі важливі з точки зору споживача властивості	Мешканці приватних будинків, багатопверхівок, а також власники кафе та ресторанів	Стратегія диференціації

З огляду на цільові групи потенційних споживачів та на товар, який буде їм запропонований, як базова стратегія розвитку була обрана стратегія диференціації.

Далі оберемо стратегію конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Таблиця 6.16 — Визначення стратегії конкурентної поведінки

Чи проект унікальний на ринку?	Компанія залучатиме нових клієнтів або буде відбирати їх у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати ключові риси продукту конкурента, які?	Стратегія конкурентної поведінки
Дана система не є новою, проте вона має функції, які відсутні у конкурентів	Цілком можливий комбінований варіант, проте основна увага буде зосереджена на нових споживачах.	Так, але він також матиме й оригінальні функції. Скопійовані характеристики: детектування диму та газу, сповіщення через сигнал та телефон.	Стратегія наслідування лідеру з переходом у стратегію виклику лідера

На основі таблиць 6.5, 6.15 та 6.16 розробимо стратегію позиціонування (табл. 6.17). Її мета — сформувані ринкову позицію, за якою клієнти будуть ідентифікувати товар.

Таблиця 6.17 — Визначення стратегії позиціонування

Вимоги цільової аудиторії до товару	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції стартап-проекту	Асоціації, які мають сформувати загальну позицію проекту
Основні вимоги включають: надійність, ефективність та легке самостійне встановлення.	Стратегія диференціації	Автоматичне ввімкнення витяжки; зв'язок з телефоном.	1.Комфорт, безпека та надійність. 2.Інноваційні технології. 3.Простота встановлення та використання.

В результаті написання даного підрозділу було визначено цільові групи покупців товару, це мешканці приватного сектору, багатоповерхівок та власники кафе та ресторанів; була визначена базова стратегія розвитку — стратегія диференціації; обраний стратегічний план поведінки на ринку — стратегія наслідування лідеру з переходом у стратегію виклику лідера; обрані пункти з якими повинен у покупця асоціюватися товар — комфорт, безпека та надійність, інноваційні технології, простота встановлення та використання.

## 6.5 Розробка маркетингової програми стартап-проекту

Розробку маркетингової програми почнемо з формування концепції продукту, який отримає покупець. Для цього узагальнимо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності продукту (табл. 6.18).

Таблиця 6.18 — Визначення основних переваг концепції продукту

Потреба	Вигода, яку пропонує продукт	Основні переваги перед конкурентами
Захист дому, квартири, закладу, тощо від пожежі та витоку газу.	Забезпечити захист від пожежі та витоку газу	Система може надсилати сповіщення на телефон користувача і самостійно запускати витяжку при виявленні пожежі, або витоку газу.

Наступним кроком створимо трирівневу маркетингову модель продукту, в якій деталізуємо ідею та складові продукту, особливості процесу його надання (табл. 6.19).

Таблиця 6.19 — Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
1. Товар за задумом	Базова потреба споживача, яку задовольняє товар — забезпечення безпеки в приміщенні шляхом виявлення витоку газу та диму. Основна функціональна вигода полягає в автономному увімкненні витяжки при небезпеці.
2. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Детектування газу та диму;</li> <li>• Зв'язок з телефоном;</li> <li>• Звукове сповіщення 90 dB;</li> <li>• Автономне увімкнення витяжки.</li> </ul>
	Якість: відповідає всім стандартам та нормативам, пройшов всі необхідні тести.
	Пакування: зручний та сучасний корпус.
	Марка: назва розробника — Safenova, назва товару — Guardian.

Рівні товару	Сутність та складові
3.Товар із підкріпленням	До продажу — надання детальної інформації про продукт, гнучкі варіанти оплати, спеціальні пропозиції та знижки
	Після продажу — безкоштовна доставка, підтримка клієнтів, сервісне обслуговування.
Товар буде захищено від копіювання через патент, торгову марку, унікальні технології та дизайн.	

Визначимо ціновий діапазон товару, на який ми будемо опиратися при встановленні ціни на продукт. Проаналізуємо ціни на товари-замінники, товари-аналоги, а визначимо рівень доходів цільової групи покупців (табл. 6.20).

Таблиця 6.20 — Визначення цінового діапазону

Ціни на товари-замінники	Ціни на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи покупців	Діапазон встановлення ціни на товар
Товари-замінники відсутні	Наближені за функціоналом товари коштують від 2500 грн. до 4200 грн	Середній, високий.	2300-3500 грн.

Визначимо оптимальну систему збуту для товару (табл. 6.21):

Таблиця 6.21 — Формування системи збуту

Закупівельна поведінка цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Клієнти шукають надійний, ефективний та інтуїтивно зрозумілий у використанні товар.	<p>1.Надавати детальну інформацію про продукт, як його встановлювати та використовувати.</p> <p>2.Забезпечувати гарантійне та післягарантійне обслуговування.</p> <p>3.Забезпечити можливість інтеграції товару з іншими системами "розумного будинку".</p>	<p>Можна використовувати як канал збуту нульового рівня (без посередників), так і канал першого рівня, коли між виробником і покупцем наявний дистриб'ютор.</p>	<p>Збут через інтернет-магазини або спеціалізовані магазини, які продають системи безпеки.</p>

Завершальною складовою маркетингової програми є розробка концепції маркетингових комунікацій (табл. 6.22).

Таблиця 6.22 — Концепція маркетингових комунікацій

Поведінка цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання реклами	Концепція рекламного звернення
1. Турбуються про безпеку сім'ї. 2. Активно користуються сучасними технологіями.	Інтернет, соціальні мережі (Фейсбук, Інстаграм)	Інтернет, магазини з технікою, спеціалізовані магазини.	Переконати покупця у необхідності придбання товару, ознайомити його з ним та розповісти про його переваги.	Не компрометуйте свою безпеку — обирайте надійність нашого продукту. Безпечний дім — щаслива сім'я.

Отже, у результаті проведеного аналізу можна зазначити наступне:

- У даного проекту є можливість ринкової комерціалізації, оскільки на ринку наявний попит на даний продукт;
- Проект має перспективи впровадження з огляду на широке коло потенційних клієнтів, товар є конкурентоспроможним через свої унікальні функції, головним бар'єром для входження є нестабільне положення в країні;
- Як варіант впровадження доцільно обрати стратегії диференціації та наслідування лідеру для ринкової реалізації проекту;
- На даний момент подальша імплементація проекту в Україні не є доцільною, проте на європейському ринку реалізація на практиці була б успішною.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз проблеми, її актуальність на сьогоднішній час та способи її розв'язання. Було проведено дослідження існуючих видів датчиків фіксації газу та визначено, який з них найбільше підходить для використання у побуті. Аналіз ринку показав, які характеристики у датчиках затребувані та яких в них не вистачає.

2. Створені структурна та електрична принципова схеми приладу, підібрана елементна база. Проведені відповідні розрахунки контактних майданчиків, ширини провідників та площі друкованої плати. На основі схеми електричної принципової в середовищі Altium Designer створено двосторонню друковану плату приладу. Розроблено корпус приладу під дану плату в програмному забезпеченні SolidWorks.

3. Досліджено найбільш оптимальні місця встановлення приладу, для найшвидшого реагування на витік газу та запобіганню хибних оповіщень. Дослідження проведено двома етапами: в першому в програмному забезпеченні SolidWorks був змодельований витік газу в моделі стандартної кухні багатоповерхівки. Таким чином були визначені місця найбільшого скупчення газу. Другий етап проводився на основі результатів першого. Було створено макет пристрою та проведено декілька варіантів його встановлення, для кожного з якого було визначено приблизний час реагування приладу, а також оптимальні значення налаштування граничного значення реагування. Як результат, оптимальним встановленням пристрою є місце на стіні безпосередньо за плитою, приблизно по її середині. Висота встановлення може бути від 1,1 до 1,5 метра рахуючи від підлоги, при цьому налаштування граничного значення реагування пристрою для оптимального оповіщення є наступними: для 1,1 м — 450, час реагування становить від 18 до 24 секунд; для 1,3 м — 420, час реагування становить від 14 до 17 секунд; для 1,5 м — 400, час реагування становить 20 секунд.

4. Створено стартап-проект пристрою, який показав те, що даний товар має попит на ринку, але його імплементація з точки зору прибутку є доцільною лише на європейському ринку.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Введение в сенсорику [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/4287890>.
2. ORNO OR-DC-614 pro zemní plyn a LPG s výstupním relé [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.aamobilmarket.cz/orno-or-dc-614-pro-zemni-plyn-a-lpg-s-vystupnim-rele/d-15024>.
3. Детектор утечки газа G-3000 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hansapost.ee/ru/santehnika-remont-ventilyatsiya/bezopasnost-doma/detektory-dyma-gaza/detektor-utechki-gaza-g-3000?id=33077>.
4. WiFi gas sensor - Zamel CGZ-02 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://botland.store/zamel-supla-home-automation/21928-wifi-gas-sensor-zamel-cgz-02-5903669490807.html>
5. Детектор газу та чадного газу Xtreme XGC10 230 В [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://allegro.pl/oferta/czujnik-czadu-i-gazu-2w1-detektor-tlenku-wegla-co-14092610481>.
6. Безпроводний датчик витoku природнього газу Tervix Pro Line ZigBee GAS Sensor [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aria-katalog.kiev.ua/uk/417121-bezprovidnij-datchik-vitoku-prirodnogo-gazu-tervix-pro-line-zigbee-gas-sensor>.
7. Kitchen Security Alarm Using MQ2 Sensor [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/kitchen-security-alarm>.
8. Датчик газу MQ-2+NodeMCU+Blynk [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.youtube.com/watch?v=1xJUjCZfA9c&t=132s&ab\\_channel=Arduino%26NodeMCU](https://www.youtube.com/watch?v=1xJUjCZfA9c&t=132s&ab_channel=Arduino%26NodeMCU).

9. 1/4W Carbon Film Resistors [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.futurlec.com/Res14W.shtml>.
10. РКС Компоненти РАДІОМАГ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/>.
11. MQ2 Gas Sensor [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://components101.com/sensors/mq2-gas-sensor>.
12. NodeMCU ESP8266 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://components101.com/development-boards/nodemcu-esp8266-pinout-features-and-datasheet>.
13. Микросхема и генератор импульсов ne555 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://shematok.ru/mikroshema/ne555>.
14. Encapsulated transformers [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.micros.com.pl/en/transformers/encapsulated-transformers/>.
15. Taiwan Semiconductor [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.taiwansemi.com/en>.
16. Схема включения LM358 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://shematok.ru/mikroshema/lm358>.
17. Wurth elektronik [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.we-online.com/catalog/en/em/connectors>
18. JLCPCB [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://jlcpcb.com/>.
19. SRA #135 ROSIN FLUX PASTE [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.sra-shops.com/pub/media/docs/srasolder/datasheet/tds-fls135.pdf>.
20. Acrylonitrile Butadiene Styrene [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/acrylonitrile-butadiene-styrene-abs-plastic>.
21. Нафтогаз [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://gas.ua/uk/home>.

## **ДОДАТОК А. ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ**

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
A1	Операційний підсилювач LM 358	1	
BA1	Електричний дзвінок AZI-14N40	1	
BR1	Діодний аунрямляч MBS6-Taiwan Semiconductor	1	
<b><u>Конденсатори</u></b>			
C1	EHR102M35B-Hitano 1 мФ 35 В ±10%	1	
C2	CL31B103KGFNNNF-Samsung 10 нФ 500 В ±10%	1	
C3	EHR102M16B-Hitano 1 мФ 16 В ±10%	1	
D1	Модуль детектора диму MQ-2	1	
<b><u>Мікросхеми</u></b>			
DA1	NodeMCU ESP8266	1	
DA2	Стабілізатор LM 7805	1	
DA3	Інтегральна схема NE555	1	
HL1	Світлодіод KP-2012HD-Kingbright	1	
K1	Реле G2RL-1	1	
<b><u>Резистори</u></b>			
R1	CFR0W4J0181B00-RoyalOhm 180 Ом 0,25 Вт ±5%	1	

**PE21. 425332.001 ПЕ**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Сигналізатор аварійний	Літ.	Арк.	Аркушіє
Розробив		Парфьонов					1	2
Перевір.		Шульга						
Реценз.		Штилька						
Н.Контр		Новосад						
Затверд.		Шульга						
						НТУУ «КПІ» РТФ Гр PE-21мп		



## **ДОДАТОК Б. СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ЕЛЕКТРОННИЙ МОДУЛЬ**

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A2			PE21.425332.001 СК	Електронний модуль		
A3			PE21.425332.001 Е1	Схема електрична структурна		
A2			PE21.425332.001 Е3	Схема електрична принципова		
A4			PE21.425332.001 ПЕ	Перелік елементів		
				Drill_Files.Cam		
				Keep_Out.Cam		
				Top_Overlay. Cam		
				Top_Paste. Cam		
				Top_Solder. Cam		
				Top. Cam		
				Bottom_Overlay. Cam		
				Bottom_Paste. Cam		
				Bottom_Solder. Cam		
				Bottom.Cam		
				Drilll.txt		
				<u>Деталі</u>		
		1	PE21.758725.001	Друкована плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Операційний підсилювач LM 358	1	А1
				Електричний дзвінок AZI-14N40	1	ВА1
			<b>PE21.425332.001</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив		Парфьонон			Літ.	Арк.
Перевір.		Шульга				1
Реценз.		Шульга			Аркуші	2
Н.Контр		Новосад			НТУУ «КПІ» РТФ Гр PE-21мп	
Затверд.		Шульга				
				Сигналізатор аварійний		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				Діодний випрямляч MBS6	1	BR1
				Конденсатор 1 мФ 35 В ±10%	1	C1
				Конденсатор 10 нФ 500 В ±10%	1	C2
				Конденсатор 1 мФ 16 В ±10%	1	C3
				Модуль детектора диму MQ-2	1	D1
				Мікросхема NodeMCU ESP8266	1	DA1
				Стабілізатор LM 7805	1	DA2
				Інтегральна схема NE555	1	DA3
				Світлодіод KP-2012HD	1	HL1
				Реле G2RL-1	1	K1
				Резистор 180 Ом 0,25 Вт ±5%	1	R1
				Резистор -330 Ом 0,25 Вт ±5%	1	R2
				Резистор 1 кОм 0,25 Вт ±5%	1	R3
				Резистор 10 кОм 0,75 Вт ±5%	1	R4
				Резистор 1 кОм 0,25 Вт ±5%	1	R5
				Резистор 680 Ом 0,25 Вт ±5%	1	R6
				Резистор 1 кОм 0,25 Вт ±5%	1	R7
				Резистор 1 МОм 0,25 Вт ±5%	1	R8
				Резистор 680 Ом 0,25 Вт ±5%	1	R9
				Трансформатор TR Z04.50/09b	1	T1
				Діод 1N4007	1	VD1
				Транзистор 2N2219	2	VT1
				Роз'єм 691214110002	2	X1,X2
				<b><u>Матеріали</u></b>		
				Притій SRA135 ISO 9453:2020		
				PE21.425332.001		Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ДОДАТОК В. РОЗРАХУНКИ

Розрахунок ширини друкованих силових та сигнальних провідників.

Сигнальні:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника  $t_1$  у вузькому місці

$$t_{1Vs} = t_{\min Ds} + |\Delta t_{hoS}| = 0,3 \text{ мм}$$

де  $t_{\min Ds}$  — мінімальне значення ширини друкованого провідника у вузькому місці, що обирається згідно з класом точності, 0,25 мм;  $\Delta t_{hoS}$  — допуск на ширину провідника, -0,05 мм.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника  $t_1$  у широкому місці, обраховується за формулою:

$$t_{1Шs} = t_{\min Ds} + |\Delta t_{hoS}| = 0,55 \text{ мм}$$

де  $t_{\min Ds}$  — мінімальне значення ширини друкованого провідника у широкому місці, що обирається згідно з класом точності, 0,45 мм;  $\Delta t_{hoS}$  — допуск на ширину провідника, -0,05 мм.

Мінімально допустиму ширину провідника  $t_2$  з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%) розрахуємо за формулою:

$$t_{2S} = \frac{l_S \cdot I_{\max S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{живS} \cdot 0,03} = 0,05 \text{ мм}$$

де  $l_S$  — довжина провідника, 0,06 м;  $I_{\max S}$  — максимальний струм, 0,5 А;  $\rho$  — питомий опір провідників,  $0,0175 \frac{\Omega \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ;  $h_S$  — товщина фольги, 70 мкм;  $U_{живS}$  — прикладена напруга живлення, 5 В

Мінімально допустиму ширину провідника  $t_3$  з урахуванням допустимого рівня струму на ньому розрахуємо за формулою:

$$t_{3S} = \frac{I_{\max S}}{h_S \cdot j_S} = 0,357 \text{ мм}$$

де  $j_S$  — допустима щільність струму в провіднику,  $20 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

Для силових 2:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника  $t_1$  у вузькому місці

$$t_{1Vs} = t_{\min Ds} + |\Delta t_{hoS}| = 0,3\text{мм}$$

де  $t_{\min Ds}$  — мінімальне значення ширини друкованого провідника у вузькому місці, що обирається згідно з класом точності, 0,25 мм;  $\Delta t_{hoS}$  — допуск на ширину провідника, -0,05 мм.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника  $t_1$  у широкому місці, обраховується за формулою:

$$t_{1Шs} = t_{\min Ds} + |\Delta t_{hoS}| = 0,55\text{мм}$$

де  $t_{\min Ds}$  — мінімальне значення ширини друкованого провідника у широкому місці, що обирається згідно з класом точності, 0,45 мм;  $\Delta t_{hoS}$  — допуск на ширину провідника, -0,05 мм.

Мінімально допустиму ширину провідника  $t_2$  з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%) розрахуємо за формулою:

$$t_{2P2} = \frac{l_S \cdot I_{\max S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{живS} \cdot 0,03} = 0,056\text{мм}$$

де  $l_S$  — довжина провідника, 0,06 м;  $I_{\max S}$  — максимальний струм, 1 А;  $\rho$  — питомий опір провідників,  $0,0175 \frac{\Omega \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ;  $h_S$  — товщина фольги, 70 мкм;  $U_{живS}$  — прикладена напруга живлення, 9 В

Мінімально допустиму ширину провідника  $t_3$  з урахуванням допустимого рівня струму на ньому розрахуємо за формулою:

$$t_{3P2} = \frac{I_{\max S}}{h_S \cdot j_S} = 0,714\text{мм}$$

де  $j_S$  — допустима щільність струму в провіднику,  $20 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

Для силових 1:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника  $t_1$  у вузькому місці

$$t_{1Vs} = t_{\min Ds} + |\Delta t_{hoS}| = 0,3\text{мм}$$

де  $t_{\min Ds}$  — мінімальне значення ширини друкованого провідника у вузькому місці, що обирається згідно з класом точності, 0,25 мм;  $\Delta t_{hoS}$  — допуск на ширину провідника, -0,05 мм.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника  $t_1$  у широкому місці, обчислюється за формулою:

$$t_{1ШS} = t_{\min D_S} + |\Delta t_{ноS}| = 0,55 \text{ мм}$$

де  $t_{\min D_S}$  — мінімальне значення ширини друкованого провідника у широкому місці, що обирається згідно з класом точності, 0,45 мм;  $\Delta t_{ноS}$  — допуск на ширину провідника, -0,05 мм.

Мінімально допустиму ширину провідника  $t_2$  з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%) розрахуємо за формулою:

$$t_{2P1} = \frac{l_S \cdot I_{\max S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{живS} \cdot 0,03} = 0,023 \text{ мм}$$

де  $l_S$  — довжина провідника, 0,06 м;  $I_{\max S}$  — максимальний струм, 10 А;  $\rho$  — питомий опір провідників,  $0,0175 \frac{\Omega \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ;  $h_S$  — товщина фольги, 70 мкм;  $U_{живS}$  — прикладена напруга живлення, 220 В

Мінімально допустиму ширину провідника  $t_3$  з урахуванням допустимого рівня струму на ньому розрахуємо за формулою:

$$t_{3P1} = \frac{I_{\max S}}{h_S \cdot j_S} = 7,143 \text{ мм}$$

де  $j_S$  — допустима щільність струму в провіднику,  $20 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

З розрахованих даних обираємо ширину провідників у вузькому та широкому місці, при цьому повинна виконуватись умова

Для силових 2:

$$t_{\min\_Vs} = \max(t_{Vs}, t_{2P2}, t_{3P2}) = 7,143 \text{ мм}$$

$$t_{\max\_Vs} = \max(t_{ШS}, t_{2P2}, t_{3P2}) = 7,143 \text{ мм}$$

Для силових 1:

$$t_{\min\_Vs} = \max(t_{Vs}, t_{2P1}, t_{3P1}) = 0,714 \text{ мм}$$

$$t_{\max\_Vs} = \max(t_{ШS}, t_{2P1}, t_{3P1}) = 0,714 \text{ мм}$$

Для сигнальних:

$$t_{\min\_Vs} = \max(t_{Vs}, t_{2S}, t_{3S}) = 0,357 \text{ мм}$$

$$t_{\max\_Vs} = \max(t_{ШS}, t_{2S}, t_{3S}) = 0,55 \text{ мм}$$

Найменшу номінальну відстань  $S_{\min}$  між двома провідниками розрахуємо за формулою:

$$S_{\min} = S_m + \Delta t_{\text{до}} = 0,35 \text{ мм}$$

де  $S_m$  — мінімальна допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами, згідно з класом точності, 0,25 мм;  $\Delta t_{\text{до}}$  — допуск на ширину провідника, 0,1 мм.

## ДОДАТОК Г. КОД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

```
#define MQ_PIN A0 // Підключаємо датчик MQ-2
```

```
void setup() {  
  pinMode(MQ_PIN, INPUT);  
  Serial.begin(9600);  
}
```

```
void loop() {  
  int sensorValue = analogRead(MQ_PIN);  
  Serial.print("MQ Sensor Value: ");  
  Serial.println(sensorValue);
```

```
// Задаємо граничне значення газу
```

```
int threshold = 400;
```

```
if (sensorValue > threshold) {  
  Serial.println("Увага, газ!");  
} else {  
  Serial.println("");  
}
```

```
delay(1000); // Пауза між вимірюванням
```

```
}
```

## ДОДАТОК Д. МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ КОНКУРЕНЦІЇ У ГАЛУЗІ М. ПОРТЕРА

М. Портер вирізняє п'ять основних факторів, що впливають на привабливість вибору ринку з огляду на характер конкуренції. Це:

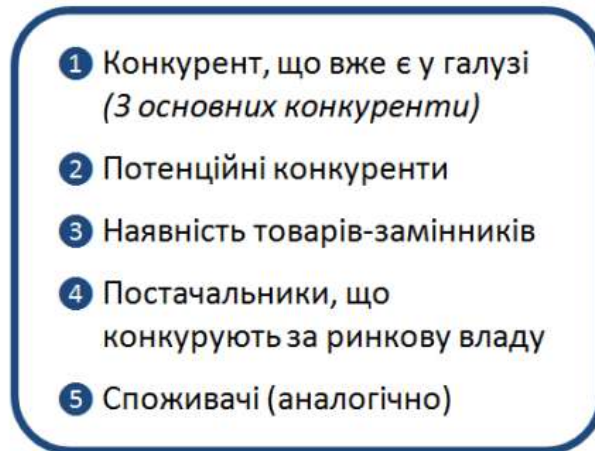
- 
- 1 Конкурент, що вже є у галузі  
(3 основних конкуренти)
  - 2 Потенційні конкуренти
  - 3 Наявність товарів-замінників
  - 4 Постачальники, що конкурують за ринкову владу
  - 5 Споживачі (аналогічно)

Рисунок Д.1 — Складові моделі 5 сил М. Портера

Сильні позиції компанії за кожним з факторів означають її можливості забезпечити необхідні темпи обороту капіталу та її здатність впливати на інших агентів ринку, диктуючі їм власні умови співпраці. Характеристики факторів моделі відрізняються для різних галузей та змінюються із часом. Сила кожного фактору є функцією від структури галузі та її техніко-економічних характеристик. На основі аналізу складових моделі 5 сил М. Портера розробляється перелік факторів конкурентоспроможності для певного ринку.

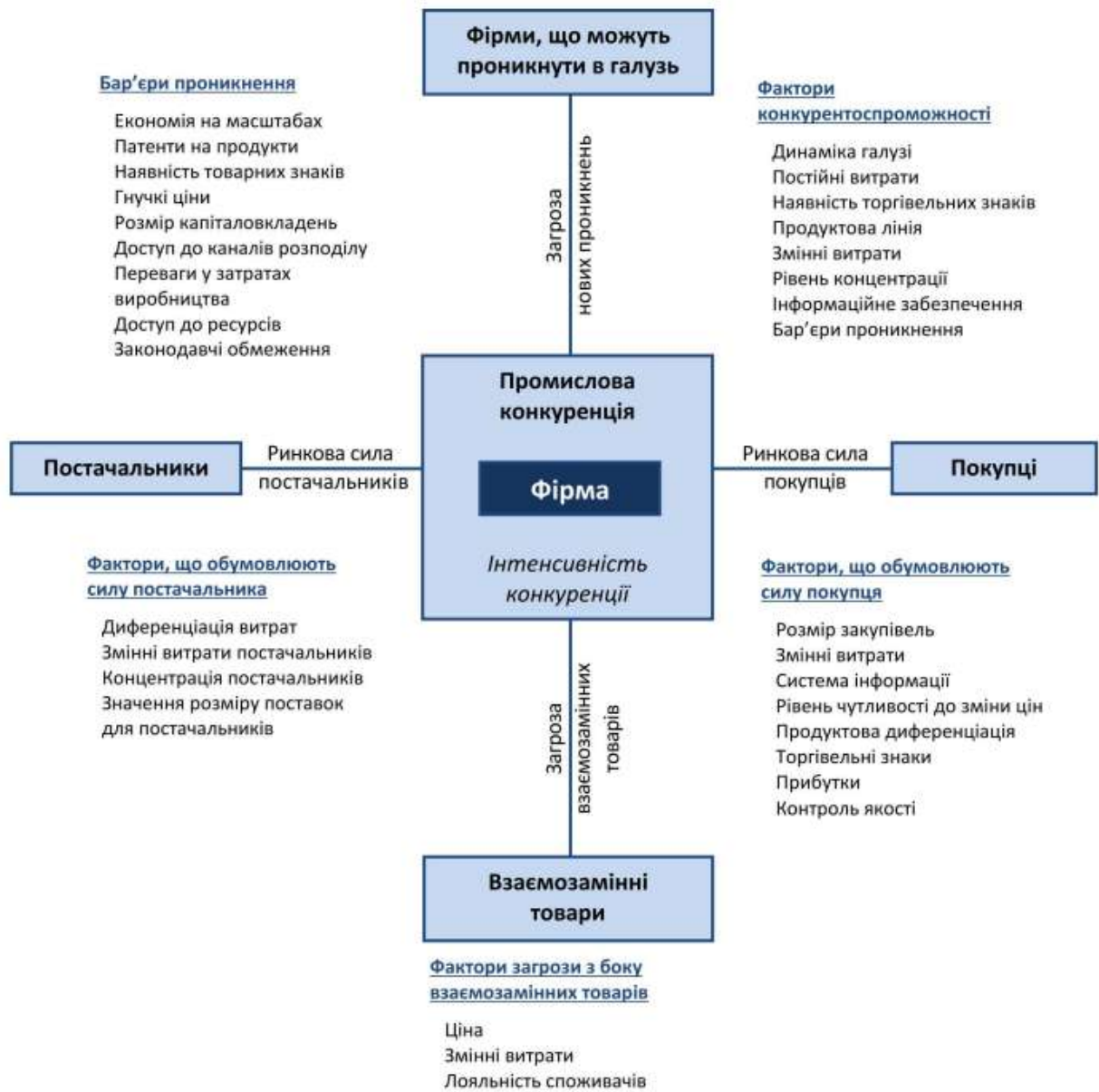


Рисунок Д.2 — Модель 5 сил М. Портера для аналізу конкуренції в галузі