

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК
(підпис)
“ ___ ” _____ 2021 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно - інтегровані
технології проектування приладів»
зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно - інтегро-
вані технології

на тему: Автоматизована система керування якістю повітря в приміщенні.

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи ПМ-01мп
(шифр групи)

Одайник Дмитро Романович _____ (підпис)
(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник д.т.н., доцент, Юрій КИРИЧУК _____ (підпис)
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Власне ім'я ,ПРИЗВЕЩЕ)

Консультант Розробка СТАРТАП-проекту, д.е.н., проф., Катерина БОЯРИНОВА _____ (підпис)
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Власне ім'я ,ПРИЗВЕЩЕ)

Рецензент _____ (підпис)
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Власне ім'я ,ПРИЗВЕЩЕ)

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

Студент _____ (підпис)

Київ – 2021 року

ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4				
2	A4	МД ПМ-01мп. 00.000 ПЗ	Текстовий матеріал		
3	A1				
4	A1				
5	A1				
6	A1				

				МД ПМ-01мп 00.000.00		
	ПБ	Підп.	Дата			
Розробн.				Відомість магістерської дисертації	Лист	Листів
Керівн.					1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПБ Гр. ПМ-01мп	
Н/контр.						
Зав.каф.						

Магістерська дисертація

На тему Автоматизована система керування якістю повітря в приміщенні

Київ – 2021 року
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-професійна програма Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Одайник Дмитро Романович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Автоматизована система керування якістю повітря в приміщенні.

Науковий керівник дисертації Киричук Юрій Володимирович, д.т.н, доцент.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « 03 » листопада 2021р. № 3664

2. Строк подання студентом дисертації.

3. Перелік завдань, які потрібно розробити Вступ. Огляд існуючих приладів контролю якості повітря. Огляд методів вимірювання контрольованих величин. Розробка системи контролю якості повітря. Розрахунок основних параметрів якості повітря

4. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу. Схеми 2 арк. ф. А1. Креслення 2 арк. ф. А1. Презентаційний плакат 1 арк. ф. А1 Графічні матеріали 3 арк. ф. А1.

5. Орієнтовний перелік публікацій 2 доповіді на науково-технічній конференції

6. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка СТАРТАП-проекту	Бояринова К.О., д.е.н.,проф.		

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2021р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1)	Огляд матеріалів за темою	26.10.21 - 10.11.21	
2)	Розробка системи контролю якості повітря	08.11.21 - 16.11.21	
3)	Вибір компонентів	14.11.21 - 20.11.21	
4)	Розрахунок датчиків	20.11.21 - 27.11.21	
5)	Розробка стартап проекту	27.11.21 – 30.11.21	
6)	Оформлення МД	30.11.21 – 03.12.21	
7)	Оформлення графічної частини МД	03.12.21 – 07.12.21	
8)	Передача МД на перевірку керівнику	08.12.21	
9)	Передача МД для перевірки на плагіат	13.12.21	
10)	Передача електронної версії МД до бібліотеки	17.12.21	
11)	Представити МД екзаменаційній комісії	20.12.21	

Студент _____

(підпис)

Одайник ДМИТРО

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації _____

(підпис)

Юрій КИРИЧУК

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Реферат

Магістерська дисертація складається з переліку скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків переліку літератури та додатків. Проект містить 52 сторінки, 26 рисунків, 12 джерел та 33 таблиці.

Метою магістерської дисертації було проектування автоматизованої системи контролю якості повітря. В ході написання дисертації було проведено огляд існуючих пристроїв та методів контролю якості повітря.

В проектно-конструкторському розділі були описані основні складові системи, проведені розрахунки концентрації пилу в повітрі та вологості повітря, проведено розрахунок датчика газу, складено структурну схему пристрою.

Ключові слова: Smart Life, повітря, автоматизація, якість, пил, газ, вологість.

ABSTRACT

The master's dissertation consists of a list of abbreviations, an introduction, four chapters, conclusions of the bibliography and appendices. The project contains 52 pages, 26 figures, 12 sources and 33 tables.

The aim of the master's dissertation was to design an automated air quality control system. During the writing of the dissertation, a review of existing devices and methods of air quality control was conducted.

The design section described the main components of the system, calculated the concentration of dust in the air and humidity, calculated the gas sensor, made a block diagram of the device.

Key words: Smart Life, air, automation, quality, dust, gas, humidity.

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів	4
Вступ.....	5
1. Огляд існуючих приладів контролю якості повітря	Ошибка! Закладка не определена.
1.1. Xiaomi Smartmi PM2.5.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.2. Honeywell HAQ.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.3. Аналізатор якості повітря DM601	Ошибка! Закладка не определена.
1.4. MCOHome PM2.5 Monitor	Ошибка! Закладка не определена.
2. Засоби та методи вимірювання параметрів якості повітря	Ошибка! Закладка не определена.
2.1. Методи вимірювання концентрації пилу	Ошибка! Закладка не определена.
2.2. Методи вимірювання вологості	Ошибка! Закладка не определена.
2.3. Методи вимірювання концентрації газу	Ошибка! Закладка не определена.
3. Розробка системи контролю якості повітря	Ошибка! Закладка не определена.
3.1. Структурна схема	Ошибка! Закладка не определена.
3.2. Опис складових.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.1. Xiaomi Aqara Temperature Humidity Sensor	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.2. Датчик пилу	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.3. Інфрачервоний пульт керування.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.4. Датчик газу.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.5. Smart Life.....	Ошибка! Закладка не определена.
4. Розрахунок основних параметрів якості повітря	Ошибка! Закладка не определена.
4.1. Концентрація пилу	Ошибка! Закладка не определена.
4.2. Визначення вологості повітря.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.3. Розрахунок датчика газу.....	Ошибка! Закладка не определена.
Загальний висновок.....	Ошибка! Закладка не определена.
Перелік посилань.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додатки	

					<i>МД ПМ-01мн.000.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Одайник				Літера	Аркви	Арквнів
Перевір.						3	53
Реценз.					ПБФ, 2 курс, ПМ-01мп		
Н. Контр.							
Затверд.	Киричук						
					<i>Автоматизована система контролю якості повітря</i>		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

АЦП – Аналого-цифровий перетворювач;

U-напруга В;

Vc – опорна напруга;

VRL – напруга на виході A0;

RL – стійкість до навантаження;

Rs – опір датчика при наявності різних газів;

Ro – опір датчика при концентрації H2 в 1000 ppm;

V – об'єм;

M – маса;

C – концентрація пилу;

Q – кількість вологи, необхідної для зволоження повітря у приміщенні, кг/год;

L – за наявності примусової вентиляції її продуктивність, м3/год, за відсутності примусової вентиляції $L = V * N$, де:

N - кратність повітрообміну (зазвичай від 0,5 до 2,0);

X1 – вміст вологи (абсолютна вологість) припливного повітря, г/кг;

X2 – вміст вологи (абсолютна вологість) зволоженого повітря в приміщенні при заданій температурі, г/кг;

Y – поправна величина, що враховує інші фактори

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Якість навколишнього повітря впливає на організм людини. Наявність у повітрі дрібних частинок та токсичних газів негативно впливає на працездатність людей та призводить до виникнення алергічних та хронічних захворювань.

Крім газів та дрібнодисперсних частинок у повітрі є велика кількість дрібних крапель рідини та різних частинок пилу. Найбільшу небезпеку становлять частинки розміром 2,5 та 10 мкм. У всіх нормативних міжнародних документах їх позначають як 2,5PM і 10PM.

Їх небезпека полягає в тому, що частинки 10PM проникають у легені, а 2,5PM можуть проникати ще глибше та засвоюватися через легені. Також вони здатні вбирати в себе різні хімічні елементи, бактерії та віруси.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						5
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПРИЛАДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

Контроль якості повітря – один із основних компонентів моніторингу навколишнього середовища. Його метою є збирання даних про концентрацію шкідливих речовин в повітрі та застосування отриманих знань для попередження шкідливих впливів на людину та довкілля. Регулярний контроль якості атмосферного повітря дозволяє зрозуміти та оцінити зміни, що відбуваються в ньому, під впливом діяльності людини[14].

Для забезпечення такого контролю та вимірювання концентрації забруднюючих речовин створено спеціальні автоматизовані прилади[14].

1.1 Xiaomi Smartmi PM2.5



Рисунок 1 - Xiaomi Smartmi PM2.5

Цей розумний переносний пристрій дозволяє визначити якість повітря в будь-якому місці. Аналіз виконується за допомогою лазерного датчика, який здатний вловити частинки до 0.3 мкм.

За допомогою вбудованого мініатюрного вентилятора пристрій всмоктує невелику кількість повітря для аналізу, залишаючись при цьому беззвучним.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристрій обладнано OLED-дисплеєм, світлодіодним індикатором та акумуляторною батареєю на 950 мАг. Якщо повітря чисте - індикатор горить зеленим світлом (0-75), якщо виявлено легке забруднення - помаранчевим (76-150), при значному забрудненні - червоним (150 і вище).

Детектор оснащений літійовою батареєю. Якщо проводити вимірювання протягом трьох хвилин, вона зможе забезпечити роботу пристрою від однієї підзарядки до 120 разів. Пристрій можна заряджати від мережі 5В 1А через порт micro-USB і з допомогою портативного акумулятора[14].

1.2 Honeywell HAQ



Рисунок 2 - Honeywell HAQ

Honeywell HAQ – компактний монітор температури, пилу, газів та мікрочастинок у повітрі, який також показує концентрацію діоксиду вуглецю у навколишньому повітрі. Однією з особливостей пристрою є сукупна метрика якості повітря.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Пристрій може працювати як автономно, так і з живленням від USB. Акумулятора вистачає на вісім годин безперервної роботи. Покази відображаються на дисплеї, а також вся статистика доступна в програмі (рис 3).

Вентилятор, який вбудовано у пристрій, безперервно прокачує повітря через датчики. У пристрій вбудовано 5 типів датчиків: на мікрочастинки PM2.5, температура (Т) та вологість (Н), на леткі органічні речовини (VOC/ЛОС), на вуглекислий газ CO2 та на НСНО (формальдегіди)[14].

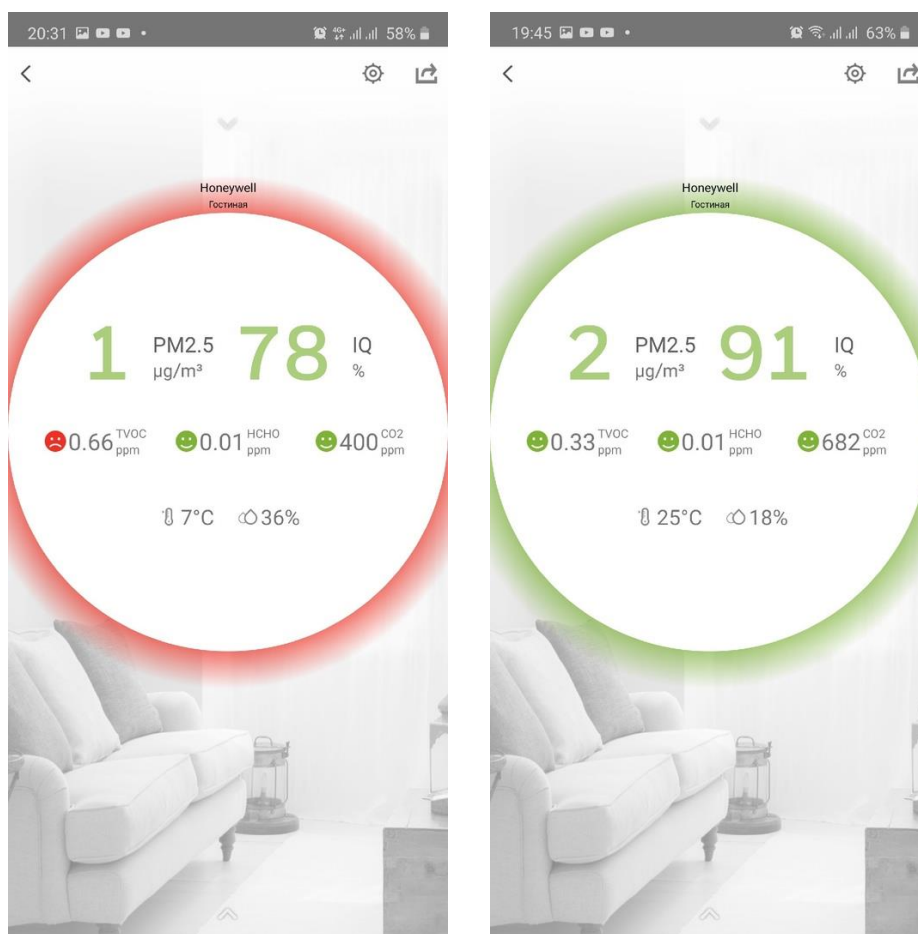


Рисунок 3 - Програма для отримання даних з Honeywell.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.3 Аналізатор якості повітря DM601



Рисунок 4 - DM601

Аналізатор якості повітря DM601 створено для виявлення твердих частинок PM1.0, PM2.5 та PM10 (оптичним методом) у повітрі та газу. Вбудована літієва батарея з ємністю 3000 мАг може заряджатися від MicroUSB порту. Додатково містить годинник і будильник.

Таблиця 1. Характеристики DM601:

Батарея	1* літієва батарея, 3000 мАг (у комплекті)
Датчик CO2	інфрачервоний (NDIR)
Метод виявлення РМ	лазерне розсіювання
Час вибірки	1,5 секунд
Розмір	131*78*67,5 мм

1.4 MCOHome PM2.5 Monitor



Рисунок 5 - MCOHome PM2.5 Monitor

MCOHome PM2.5 Monitor – це детектор якості повітря, який сумісний з технологією Z-Wave Plus, він в основному використовується для контролю концентрації частинок PM2.5 в промислових, сільськогосподарських і побутових умовах, а також для моніторингу температури та вологості в приміщенні. Пристрій може бути включено в будь-яку мережу Z-Wave і сумісно з будь-якими іншими пристроями Z-Wave.

Таблиця 2. Характеристики

Живлення	220В АС ± 10% 50/60 Гц
Діапазон виявлення PM2.5	0-999,9 мкг/м3
Діапазон температур	-9,0 ~ 50 С
Діапазон вологості	0% ~ 99% відносної вологості
Розмір	86*135*34 мм

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2. ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

2.1 Методи вимірювання концентрації пилу

Концентрацію пилу в повітрі можна визначити гравіметричним (ваговим), рахунковим (мікроскопічним), фотометричним та іншими методами. У санітарно-гігієнічній практиці основним методом визначення запилення прийнятий гравіметричний метод тому, що при сталості хімічного складу першорядне значення має маса пилу. Визначення тільки маси пилу не дає повної картини її шкідливості, так як при однаковій масі може бути різний хімічний та гранулометричний склад пилу. Повна характеристика пилу складається з її маси, що міститься в одиниці обсягу повітря, хімічного та дисперсного складів[2].

Оптичний метод (фотометричний) полягає у вимірі ослаблення інтенсивності світлового випромінювання при його проходженні через запилене середовище. Концентрація частинок пилу пропорційна значенню оптичної щільності, яка визначається автоматично і є негативним десятковим логарифмом коефіцієнта пропускання.

Недоліками такого метода є низька чутливість при вимірюванні малих концентрацій частинок (менше 30 мг/м^3), а також неможливість контролю високих концентрацій (більше $10...12 \text{ г/м}^3$) через практично повне поглинання світлового випромінювання, високий вплив фізико-хімічних властивостей пилу на результати вимірювання, необхідність періодичного очищення оптичних елементів[2].

Нефелометричний оптичний метод, заснований на реєстрації прямого, бічного та зворотного розсіяного світлового випромінювання та використовується при вимірюванні малих концентрацій частинок пилу.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>11</i>

Недоліком нефелометричного методу є різка втрата чутливості при вимірюванні концентрацій частинок діаметром більше 8 ... 10 мкм, що знижує або повністю виключає можливість їх застосування в багатьох галузях[2].

Гравіметричний метод вимірювання полягає у виділенні частинок з пилогазового потоку з їх подальшим осадженням на аналітичному фільтрі та осушенням. Залежно від приросту ваги на фільтрі визначається масова концентрація пилу.

До переваг гравіметричного методу можна віднести точність виміру, що досягається через відсутність впливу фізико-хімічних властивостей на результати.

До недоліків гравіметричного методу можна віднести трудомісткість методу, велику тривалість вимірювального процесу та необхідність використання додаткового обладнання[2].

2.2 Методи вимірювання вологості.

Вологість повітря грає важливу роль у формуванні комфортних умов життєдіяльності людини. Вологість повітря вимірюється за допомогою гігрометрів та психрометрів. Вони успішно вирішують завдання постійного контролю за мікрокліматом[3].

Залежно від конструкції гігрометри поділяють на: механічні, конденсаційні, резистивні, ємнісні. За влаштуванням та призначенням психрометри можуть бути аспіраційними, стаціонарними або дистанційними.

Вибір того чи іншого приладу визначають вимоги умов експлуатації, точності, зручності та надійності[1].

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У **волосяних гігromетрах** натягнута синтетична нитка або знежирене волосся пов'язана зі стрілкою, яка переміщається вздовж шкали. Діапазон вимірювання такого гігromетра становить від 20 до 100%. Коли вологість повітря змінюється нитка змінює свою довжину, повертаючи стрілку приладу у відповідний бік[3].

До переваг волосяних гігromетрів можна віднести точність, простоту, зручність.

До недоліків можна віднести малий діапазон вимірювань. Вони зазвичай використовуються на метеорологічних станціях[1].

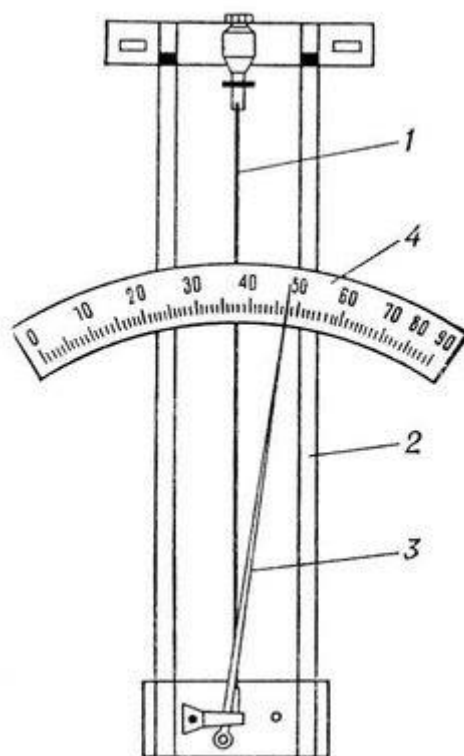


Рисунок 6 - Волосяний гігromетр:

1 — волос; 2 — рамка; 3 — стрілка; 4 — шкала

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

У **плівкових гігromетра** чутливим елементом є мембрана, яка стискається при зменшенні вологості та розтягується при збільшенні. Рух плівкової мембрани передається стрічці.

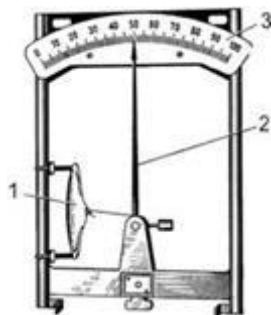


Рисунок 7 – Плівковий гігromетр

Волосний та плівковий гігromетр застосовують для вимірювання вологості у зимовий час. Показання волосного і плівкового гігromетра періодично порівнюються зі показаннями більш точного приладу – психрометра[3].

Принцип роботи **вагового гігromетра** ґрунтується на властивості гігроскопічних матеріалів поглинати водяні пари. Він складається з системи U-образних трубок у яких поміщена гігроскопічна речовина. Визначаючи обсяг пропущеного через матеріал повітря та масу поглиненої вологи, обчислюють абсолютну вологість[1].

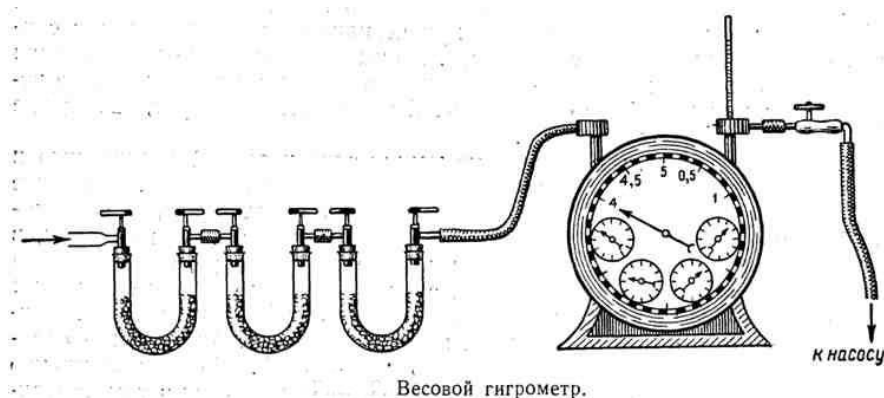
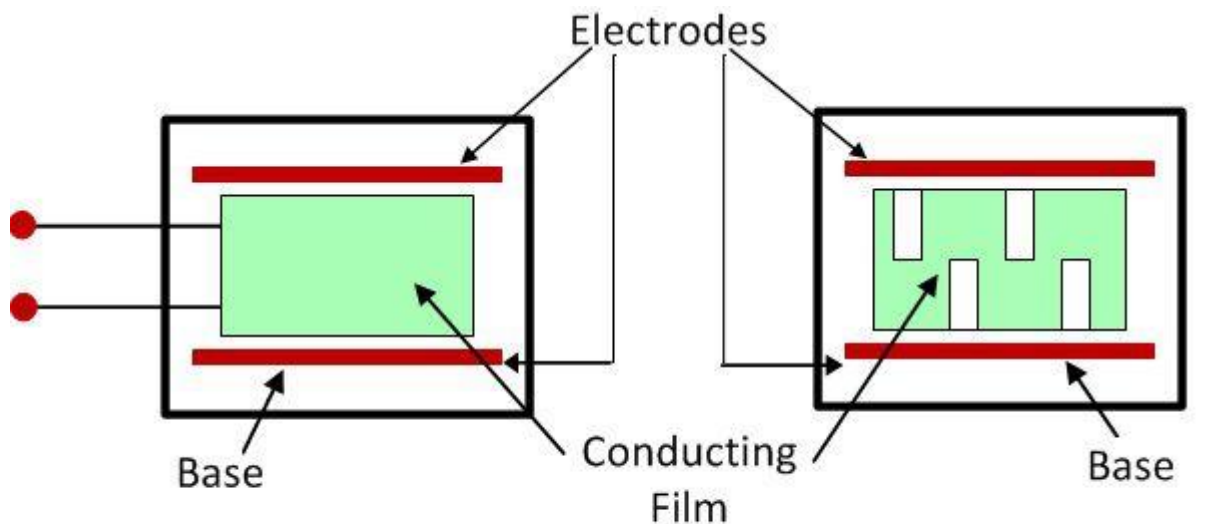


Рисунок 8 – Ваговий гігromетр

У **резистивних електролітичних гігрометрах** використовується розчин солі. В залежності від вологості повітря він змінює свою концентрацію. Це призводить до збільшення або зменшення електричного опору розчину, що фіксує прилад. Недоліком гігрометрів такого типу є похибка, що викликає зміну температури. У пристрої ємнісних приладів використовується зв'язок вологості та діелектричної проникності середовища[1].



Resistive Hygrometer

Circuit Globe

Рисунок 9 – Резистивний електролітичний гігрометр

Принцип дії **конденсаційних гігрометрів** ґрунтується на визначенні точки роси. Точка роси - це така температура, до якої потрібно охолодити повітря при постійному тиску, щоб водяна пара, що міститься в ньому, стала насиченою. Конденсаційний гігрометр складається з дзеркала, яке охолоджується до появи на ньому дрібних крапельок води. Цей момент фіксується за допомогою оптичного пристрою. За його сигналом відбувається вимірювання температури дзеркала[1].

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

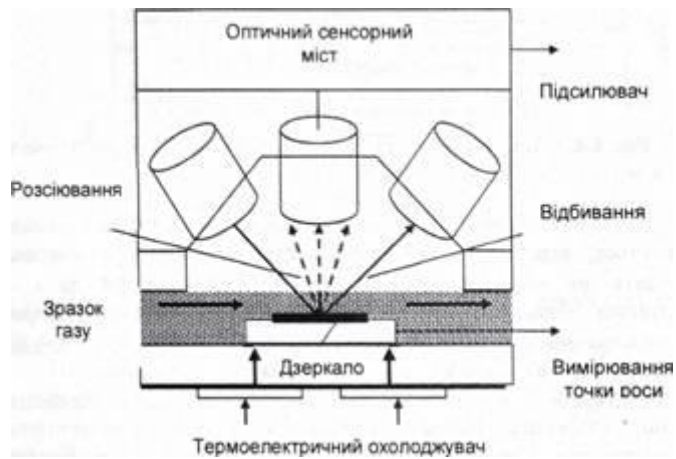


Рисунок 10 – Конденсаційний гігрометр

Дзеркало охолоджується напівпровідниковим елементом та опромінюється фотодіодом. Коли поверхня дзеркала вкривається росою, вона починає розсіювати оптичне випромінювання; вертикальна компонента розсіяного випромінювання реєструється фотодетектором, електричний сигнал з виходу якого підсилюється й подається на систему нагріву дзеркала[3].

Нагріте дзеркало знову може бути охолоджено, що дозволяє продовжуватися процесу вимірювання. Визначення температури дзеркала за допомогою термодетектора дає можливість оцінити абсолютну вологість повітря.

До переваг конденсаційного гігрометра можна віднести високу чутливість, можливість вимірювання абсолютної вологості в широкому діапазоні температур (від -80 до $+100$ °C).

До недоліків можна віднести спотворення результатів вимірювання при низьких температурах, необхідність контролювання якості поверхні дзеркала, складність конструкції, високу ціну[3].

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Основний елемент **ємнісного гігromетру** - гігроскопічна полімерна плівка, з обох боків якої розташовані пористі металеві електроди, що утворюють конденсатор ємністю близько 500 пФ.



Рисунок 11 – Ємнісний гігromетр

Коли плівка поглинає молекули води, її об'єм та відстань між електродами збільшується, що призводить до зміни ємності конденсатора. Ємнісні гігromетри застосовуються для вимірювання відносної вологості і використовуються у засобах автоматизованого контролю вологості повітря.

До переваг ємнісного гігromетра можна віднести малі габарити, слабку залежність результатів вимірювань від зовнішньої температури, лінійність шкали в області 0-80 % відносної вологості, швидкодія, малі значення гістерезису.

До недоліків приладу можна віднести вплив зовнішніх забруднень на результати вимірювань.

Психрометричний гігromетр вимірює вологість та температуру повітря за допомогою двох термометрів. Один із них сухий, інший – вологий. Резервуар вологого термометра оточений смужкою тканини, яка постійно змочується водою. Коли вода випаровується, вологий термометр охолоджується і демонструє нижчу температуру, ніж сухий. Відповідно до отриманих значень по психрометричній таблиці визначають вологість повітря. Щоб зменшити похибку вимірювань, термометри обдувають повітряним потоком, створеним вентилятором[1].

					<i>МД ПМ-01мп11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2.3 Методи вимірювання концентрації газу

За виконуваними функціями прилади для аналізу газу поділяють на:

- індикатори;
- сигналізатори;
- газоаналізатори.

Газоаналізатори – вимірювальні прилади для аналізу складу та властивостей газів та газових сумішей.

Залежно від призначення та типів завдань газоаналізатори можна поділити на такі типи:

- газоаналізатори горіння;
- газоаналізатори з визначення параметрів та контролю повітря робочої зони;
- газоаналізатори для контролю викидів в атмосферу;
- газоаналізатори для контролю вихлопів двигунів внутрішнього згорання;
- газоаналізатори для аналізу газів у рідині.

За конструктивним виконанням газоаналізатори поділяються на:

- портативні газоаналізатори;
- переносні газоаналізатори;
- стаціонарні газоаналізатори[3].

Портативні та переносні газоаналізатори мають невеликі габарити та малу масу, як правило, мають цифрову індикацію результатів вимірювання та світлозвукову сигналізацію про перевищення допустимої концентрації. Основним переносних газоаналізаторів вважається обстеження замкнутого простору та підземних об'єктів на предмет дефіциту кисню, наявності токсичних речовин та горючих газів.

					<i>МД ПМ-01мп11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Для контролю небезпечних факторів безпосередньо на самому місці знаходження людини використовуються індивідуальні прилади, необхідні для робочого персоналу під час виконання різних робіт у потенційно небезпечних місцях або у приміщеннях[4].

До **газоаналізаторів стаціонарного типу** пред'являються високі вимоги до стабільності показань і надійності роботи, а маса та габарити не є критичними. Стаціонарні прилади можуть бути оснащені засобами сигналізації про перевищення порогових значень концентрації, інтерфейсом для передачі даних на комп'ютер, а також засобами виключення або включення виконавчих пристроїв[4].

Одноканальні газоаналізатори призначені для контролю концентрації одного виду газу та мають один датчик, один вимірювальний канал або одну точку для відбору проби. Одноканальні газоаналізатори стаціонарного типу можуть працювати як автономно, так і в складі системи для аналізу газу, яка об'єднує необхідну кількість газоаналізаторів. Крім того, одноканальними газоаналізаторами можуть бути і компактні переносні прилади[4].

Багатоканальні газоаналізатори мають прилади, щоб одночасно контролювати 16 і більше каналів вимірювання. В одному такому газоаналізаторі допускається поєднання каналів вимірювання різних газів у довільному наборі[4].

Індикатори газу дають лише якісну оцінку газової суміші щодо наявності в ній контрольованого компонента. Індикатори, у більшості випадків, виступають портативними приладами, які відображають інформацію про кількість газу за допомогою лінійки точкових світлодіодів. Наприклад, при великій кількості газу світиться вся лінійка діодів[4].

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Сигналізатори загазованості дозволяють лише приблизно оцінити концентрацію газу. При цьому вони мають один або кілька порогів спрацьовування сигналізації. Частіше за все, невід'ємною частиною стаціонарного сигналізатора або газосигналізатора є блок реле або блок комутації, які служать для комутації зовнішніх пристроїв, у тому числі примусової вентиляції, при перевищенні допустимого порогу[3].

3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

3.1 Структурна схема

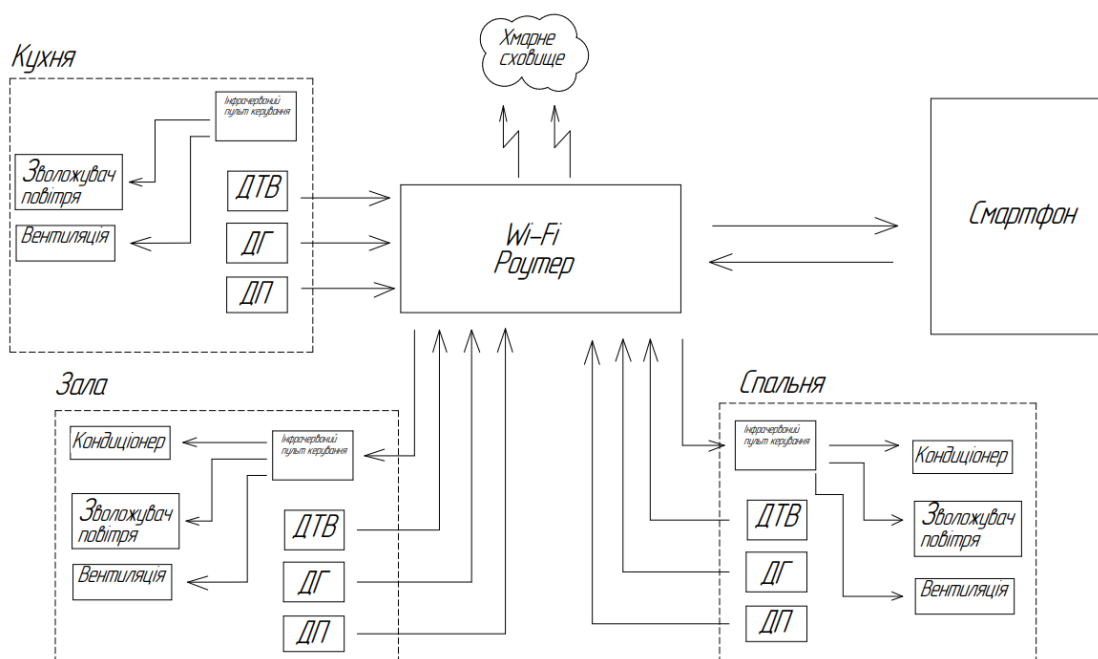


Рисунок 12 - Структурна схема

Керування системою відбувається за допомогою смартфона. Встановлені у кімнатах датчики передають сигнал через Wi-Fi до смартфона. Після отримання інформації, система посилає сигнал до інфрачервоного пульта керування, який відповідає за ввімкнення та вимкнення кондиціонера, зволожувача повітря та вентиляції. Сценарії, за якими працює система, прописуються у мобільному додатку Smart Life.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3.2 Опис складових

3.1.1 Xiaomi Aqara Temperature Humidity Sensor



Рисунок 13 - Aqara Temperature Humidity Sensor

Aqara Temperature Humidity Sensor - це інтелектуальний датчик, який дозволяє відстежувати температуру, атмосферний тиск, а також рівень вологості. Параметри можна контролювати у будь-який зручний вам момент, незалежно від того, де ви знаходитесь.

Специфіка використання

Для зручного використання датчиком рекомендується завантажити програму Smart Home з магазинів програм Apple Store або Google Play. З їхньою допомогою буде можливим визначення динаміки зміни показників. Датчик сумісний із платформою для автоматизації розумних побутових приладів Apple HomeKit та іншими розумними пристроями від . З їх допомогою можна повністю автоматизувати всі процеси у своєму будинку. Завдяки невеликим розмірам та клейкій поверхні під захисною наклейкою, можливе встановлення приладу в будь-якому непомітному місці.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Особливості конструкції

Корпус датчика виготовлений із міцного ABS-пластику з використанням УФ-обробки та передових технологій, які значно подовжують термін його служби. Його конструкція включає кілька елементів, які відмінно поєднуються між собою і складаються в один функціональний пристрій. Крім стандартного набору мікросхем усередині знаходиться батарея типу CR2032, яка забезпечує тривалу та стабільну роботу датчика.

3.1.2 Датчик пилу



Рисунок 14 – Лазерний датчик пилу

Лазерний датчик пилу PM2.5 - це цифровий універсальний датчик концентрації частинок, його можна використовувати для отримання кількості зважених частинок в одиниці об'єму повітря в межах від 0,3 до 10 мікрон, а саме концентрації твердих частинок, і виведення за допомогою цифрового інтерфейсу, також може виводити дані якості на частинку. Датчики якості повітря можуть бути вбудовані в різноманітні концентрації інструментів, пов'язаних з навколишнім середовищем, зважених частинок у повітрі, щоб надавати своєчасні та точні дані про концентрацію[5].

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Цей датчик pm_{2,5} використовує теорію лазерного розсіювання. А саме розсіювання лазерного випромінювання на зважених частинках повітря, збираючи розсіяне світло під певним кутом, для отримання кривої залежності інтенсивності розсіювання від часу. Після збору даних мікропроцесором отримати співвідношення між часовою областю та частотною областю за допомогою перетворення Фур'є, а потім за допомогою ряду складних алгоритмів отримати кількість частинок в еквівалентному розмірі частинок та одиницях об'єму різного розміру. Кожна функціональна блок-схема сенсорної частини, як показано[10]:

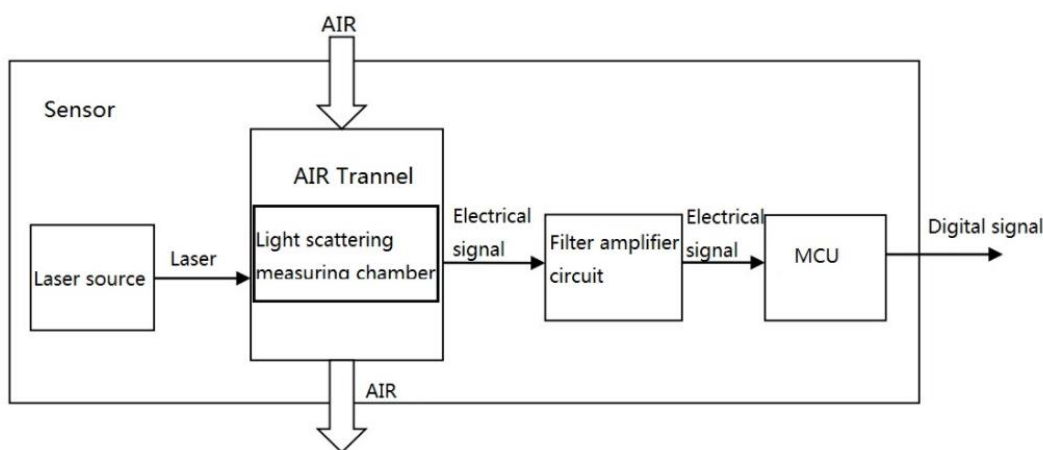


Рисунок 15 Принцип дії датчику пилу

Таблиця 3. Характеристики датчику пилу

Робоча напруга	4,95 ~ 5,05 В
Максимальний електричний струм	120 мА
Діапазон вимірювання pm	0~999 мкг/м ³
Струм у режимі очікування	≤200 мкА
Час відповіді	≤10 с
Діапазон робочих температур	-20 ~ 50С
Розмір	65 × 42 × 23 (мм)

3.1.3 Інфрачервоний пульт керування



Рисунок 16 – Інфрачервоний пульт керування

Smart Wi-Fi пульт – це пристрій для керування усіма приладами, що використовують інфрачервоний сигнал (кондиціонер, телевізор і.т.д.).

Керування відбувається одним пультом у межах однієї кімнати. Може бути з'єднаний з іншими смарт-пристроями через безкоштовний додаток Smart Life за допомогою прямого підключення до мережі Wi-Fi для створення сценаріїв керування приладами, наприклад: задати ввімкнення кондиціонера з ПН-ПТ з 8-30 за пів години до початку робочого часу.

3.1.4 Датчик газу

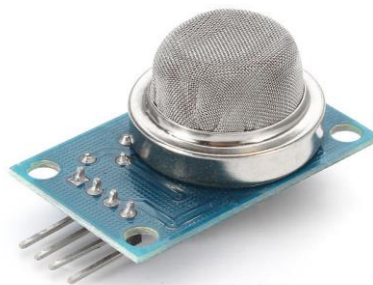


Рисунок 17 – Датчик газу MQ-2

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Модуль MQ-2 реагує на наявність в повітрі пропану, метану, бутану, спирту, водню, LPG [5].

Модуль може використовуватися як пристрій для визначення витoku газу, в охоронно-пожежних системах або в проектах автоматизації пристроїв.

Особливостями модуля є: швидка реакція на наявність газу і настройка чутливості датчика. Чутливість налаштовується за допомогою потенціометра, розташованого на звороті плати [13].

Таблиця 4. Основні характеристики MQ-2.

Напруга живлення	5В
Вихідний сигнал	High/Low та аналоговий
Компаратор	LM393
Споживання енергії	до 800мВт
Розміри	32x22x30 мм

3.1.5 Smart Life

Smart Life - додаток для смартфонів, розроблений Tuua для керування інтелектуальними пристроями. Додаток дозволяє запрограмувати сценарії по яким пристрої будуть працювати самостійно. Наприклад, зробити налаштування, при якому світло та кондиціонер вмикаються, як тільки ви повернетесь додому. Більшістю інтелектуальних пристроїв також можна керувати за допомогою голосових команд.

Також можна налаштувати розклад увімкнення або вимкнення певних пристроїв. Наприклад, можна запланувати автоматичне вимкнення всіх ламп о 22:00 або їх увімкнення о 17:00.

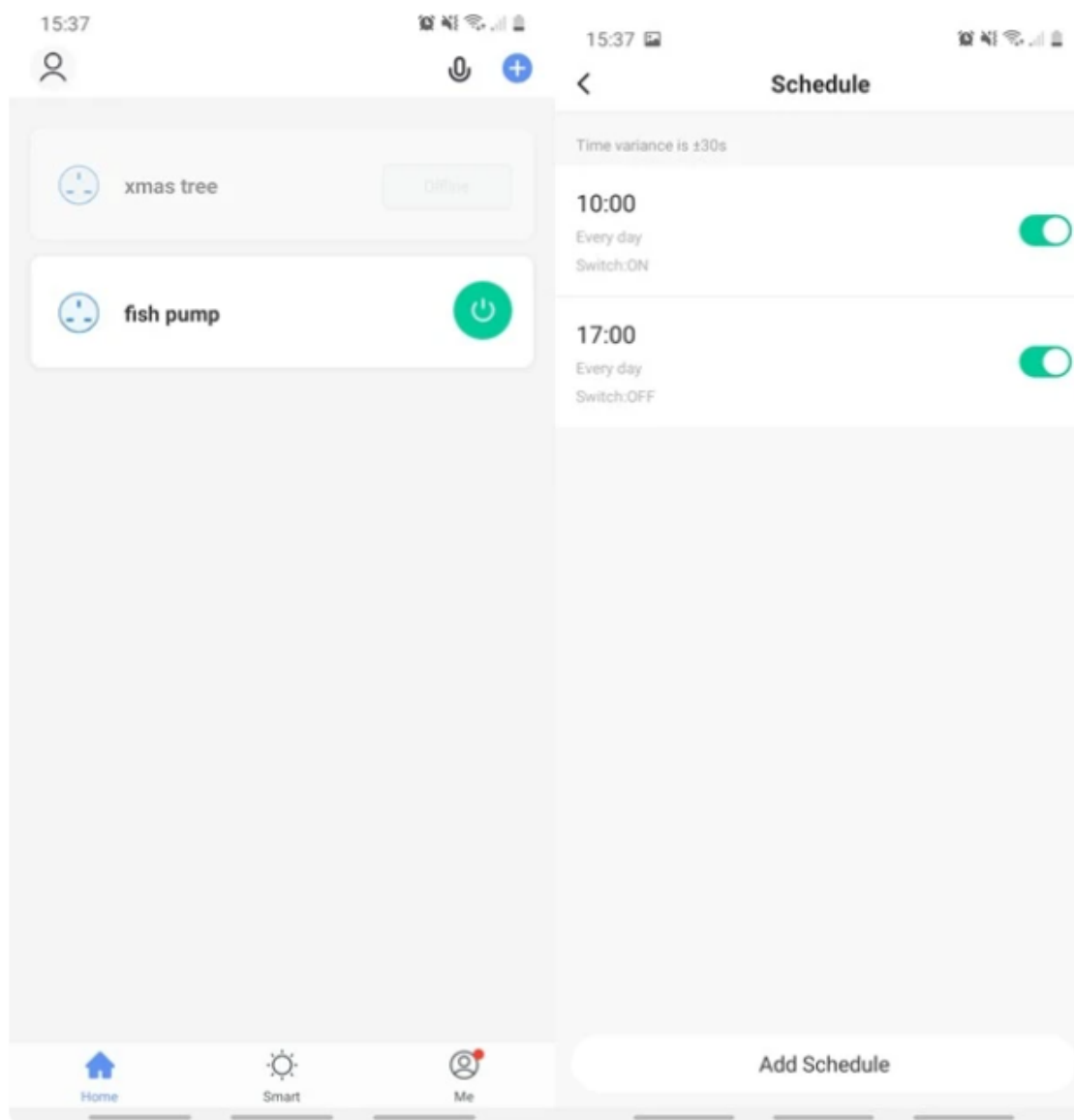


Рисунок 18 – Приклад сценарію для ввімкнення світла.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Також можна встановити таймери для різних пристроїв, щоб вони автоматично вимикались через певний період.

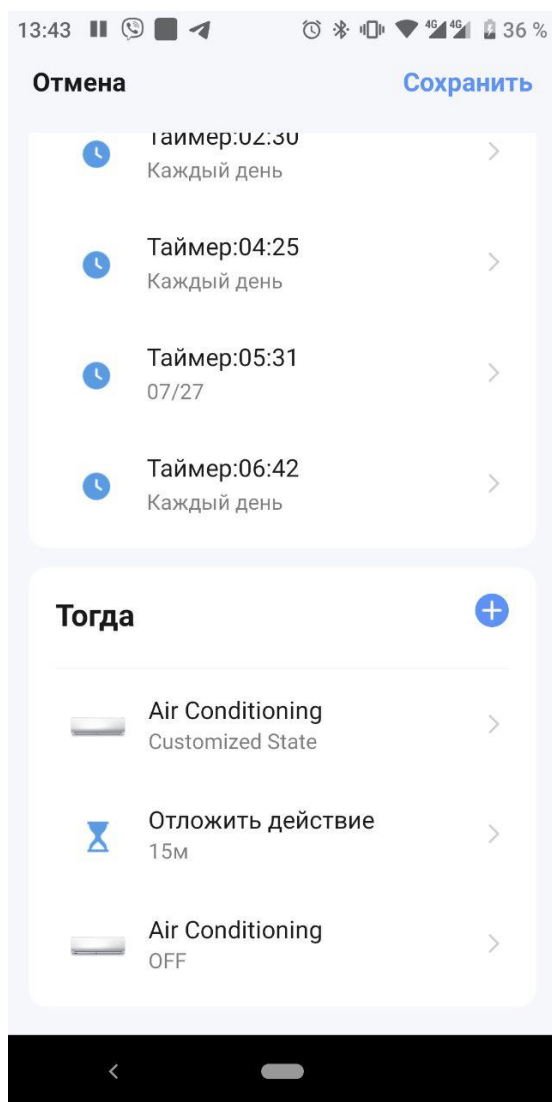


Рисунок 19 – Приклад встановлених таймерів для різних пристроїв

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Якщо пристрій має функцію моніторингу енергії, Smart Life зможе відстежувати споживання енергії.

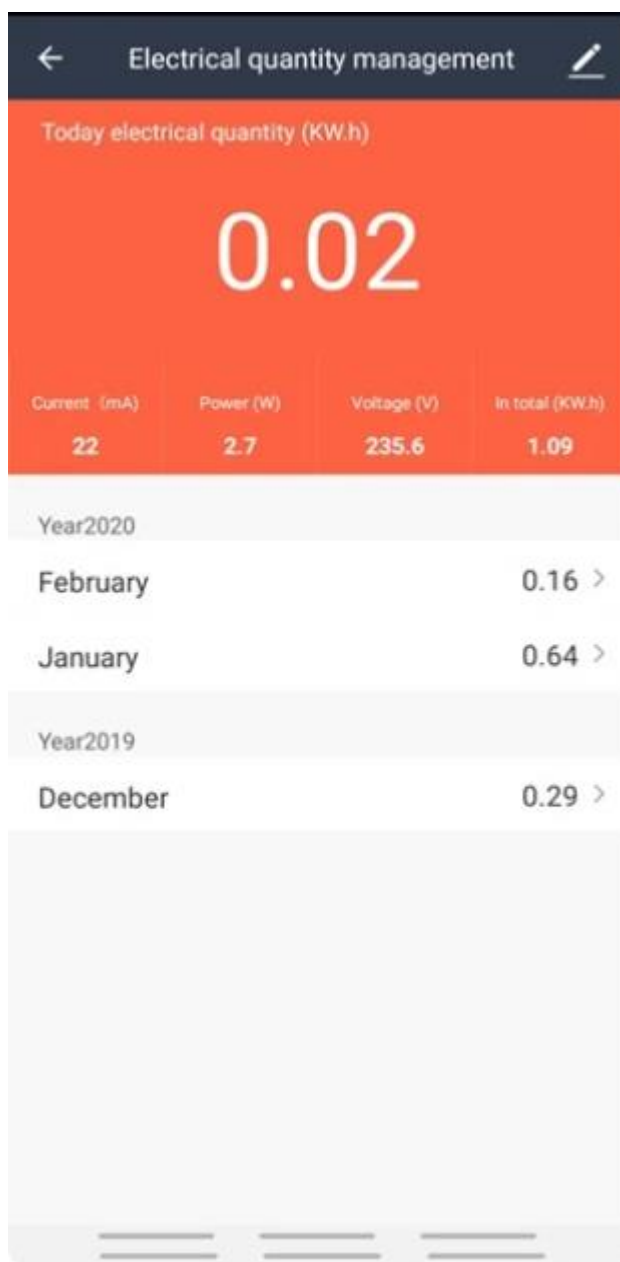
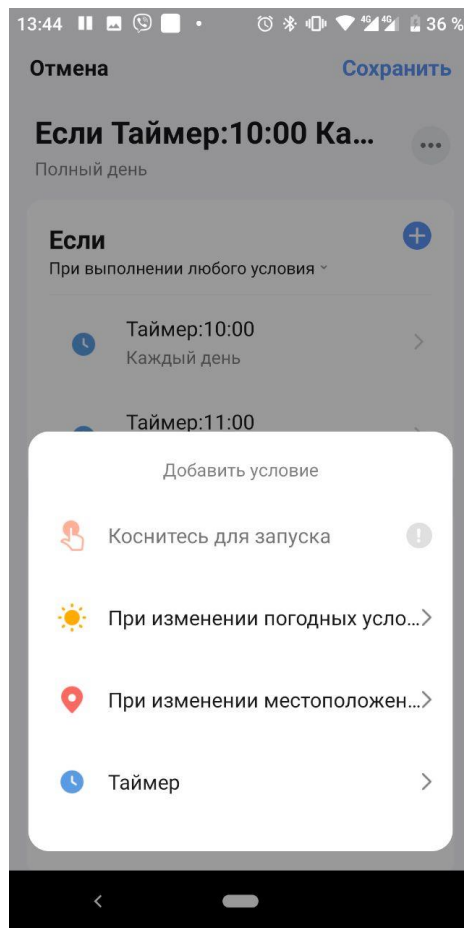
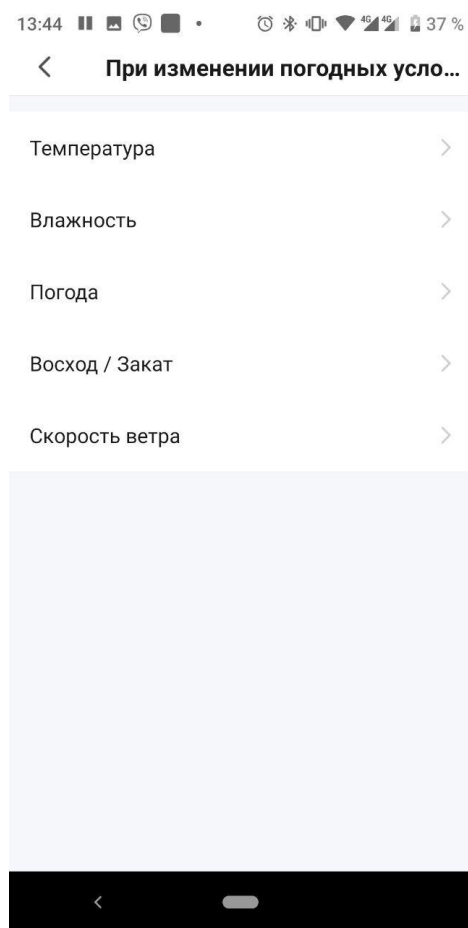


Рисунок 20 – Функція відстеження витрат ергії

Програма дозволяє прив'язуватися до отримання даних про погодні умови як датчиків температури, вологості, атмосферного тиску, складу повітря так і з погодних інтернет ресурсів з прив'язкою до місцевих координат.



а)



б)

Рисунок 21 - Налаштування зовнішніх факторів

Приклад реалізації автоматизації програмою **Smart Life**

Реалізація автоматичного керування кімнатним кондиціонером.

Для неї використаємо:

звичайний кімнатний кондиціонер (Спліт-система фірми Cooper&Hunter), що керується за допомогою пульта;

SMART Wi-Fi ІЧ пульт управління (рис.5);

Wi-Fi роутер з виходом в інтернет та смарт фон з встановленою програмою **Smart Life**.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рисунок 22 - SMART Wi-Fi ІЧ пульт управління

Процедура налаштування автоматизації:

1. Підключається ІЧ пульт управління до живлення 5В (павер банк або блок живлення) і реєструється в програмі **Smart Life** за інструкцією.
2. ІЧ пульт управління підключається до нашого кондиціонера (рис.6.) (вибирається фірма виробник кондиціонера). Цей пульт одночасно може бути підключений до кількох побутових та інших приладів, що керуються через пульт.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

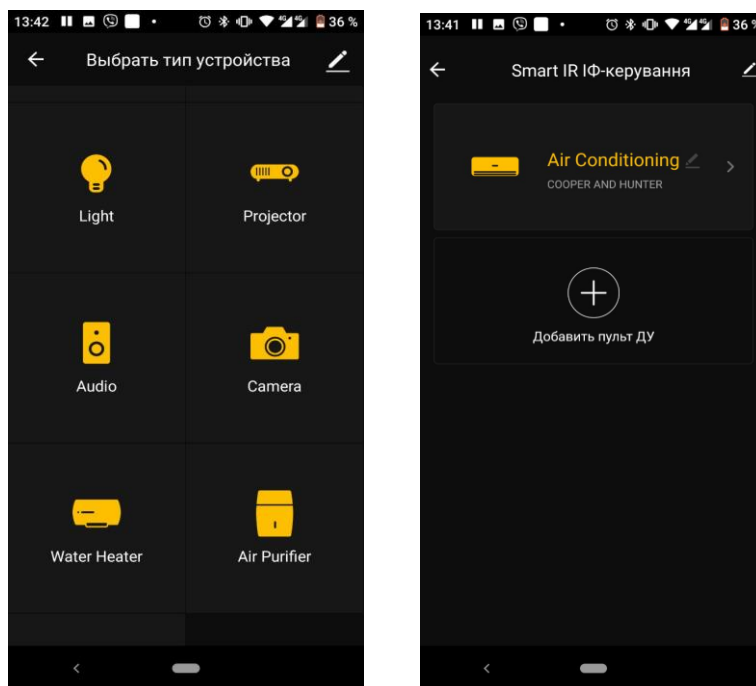


Рисунок - 23 Интерфейс підключення побутової техніки до ІЧ пульта управління

Всі підключені до програми **Smart Life** пристрої відображаються в її інтерфейсі.

3. Створення сценарію автоматизації кондиціонером (рис.7.). Вказується час роботи, задається температура повітря на виході кондиціонера.

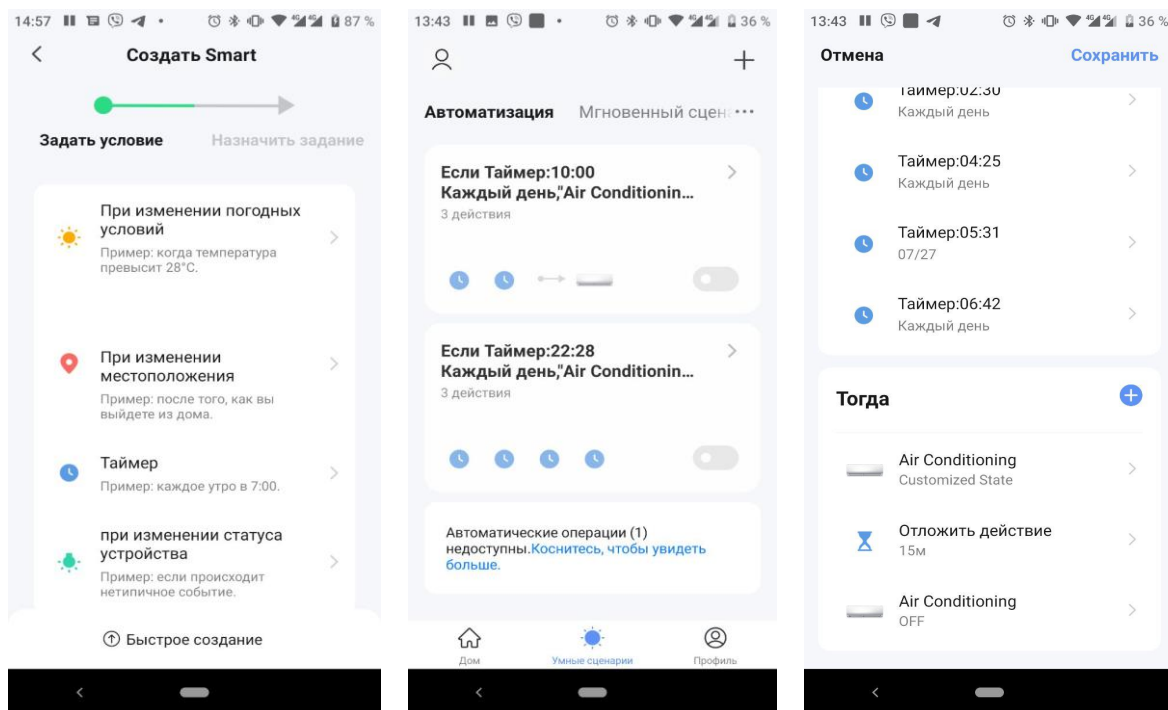


Рисунок 24 - Интерфейс створення сценарію з прикладом

Цей сценарій забезпечує роботу кондиціонера кожний день у визначений час на 15 хв (рис.7).

В цей сценарій можна поступово ускладнювати шляхом добавлення в нього очищувачів, осушувачів та зволожувачів повітря прив'язуючись до отриманих даних з відповідних датчиків.

4. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

4.1 Концентрація пилу

Розглянемо процес розрахунку концентрації пилу в повітрі гравіметричним методом.

Розраховуємо значення об'єму повітря, що пройшло через фільтр:

$$V1 = v1 \times \tau1 = 7 \times 10 = 70 \text{ л,}$$

$$V2 = v2 \times \tau2 = 7 \times 10 = 70 \text{ л,}$$

$$V3 = v3 \times \tau3 = 7 \times 5 = 35 \text{ л,}$$

$$V4 = v4 \times \tau4 = 7 \times 5 = 35 \text{ л.}$$

Розраховуємо зміну маси контрольних фільтрів:

$$\Delta MK1 = MK1_{кін} - MK1_{поч} = 0,15770 - 0,15643 = 0,00127 \text{ г,}$$

$$\Delta MK2 = MK2_{кін} - MK2_{поч} = 0,16062 - 0,15894 = 0,00168 \text{ г,}$$

$$\Delta MK3 = MK3_{кін} - MK3_{поч} = 0,16076 - 0,15901 = 0,00175 \text{ г.}$$

Розраховуємо середнє значення зміни маси контрольних фільтрів:

$$\Delta M_{контр} = \Sigma \Delta MK / N = (0,00127 + 0,00168 + 0,00175) / 3 = 0,00157 \text{ г.}$$

Розраховуємо зміну маси дослідних фільтрів:

$$\Delta M1 = M1_{кін} - M1_{поч} = 0,16451 - 0,16258 = 0,00193 \text{ г,}$$

$$\Delta M2 = M2_{кін} - M2_{поч} = 0,15787 - 0,15606 = 0,00181 \text{ г,}$$

$$\Delta M3 = M3_{кін} - M3_{поч} = 0,16313 - 0,16131 = 0,00182 \text{ г,}$$

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta M4 = M4_{\text{кін}} - M4_{\text{поч}} = 0,16433 - 0,16246 = 0,00187 \text{ г.}$$

Розраховуємо масу пилу, що осіла на фільтрі.

$$M_{\text{пилы}} = \Delta M - \Delta M_{\text{контр}}, M1_{\text{пилы}} = \Delta M1 - \Delta M_{\text{контр}} = 0,00193 - 0,00157 = 0,00036 \text{ г,}$$

$$M2_{\text{пилы}} = \Delta M2 - \Delta M_{\text{контр}} = 0,00181 - 0,00157 = 0,00024 \text{ г,}$$

$$M3_{\text{пилы}} = \Delta M3 - \Delta M_{\text{контр}} = 0,00182 - 0,00157 = 0,00025 \text{ г,}$$

$$M4_{\text{пилы}} = \Delta M4 - \Delta M_{\text{контр}} = 0,00187 - 0,00157 = 0,00030 \text{ г.}$$

Розраховуємо концентрацію пилу:

$$C1 = M1_{\text{пилы}} \times 106 / V1 = 0,00036 \times 106 / 70 = 5,1 \text{ мг/м}^3 ,$$

$$C2 = M2_{\text{пилы}} \times 106 / V2 = 0,00024 \times 106 / 70 = 3,4 \text{ мг/м}^3 ,$$

$$C3 = M3_{\text{пилы}} \times 106 / V3 = 0,00025 \times 106 / 35 = 7,1 \text{ мг/м}^3 ,$$

$$C4 = M4_{\text{пилы}} \times 106 / V4 = 0,00030 \times 106 / 35 = 8,6 \text{ мг/м}^3 .$$

Розраховуємо середню запиленість повітря:

$$C_{\text{ср}} = (C1 + C2 + C3 + C4) / 4 = (5,1 + 3,4 + 7,1 + 8,6) / 4 = 6,1 \text{ мг/м}^3 .$$

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Приклад коду для визначення концентрації пилу:

```
#include <Arduino.h>
#define LENG 31 //0x42 + 31 bytes equal to 32 bytes
unsigned char buf[LENG];

int PM01Value=0; //встановити значення для PM0.1
int PM2_5Value=0; //встановити значення для PM2.5
int PM10Value=0; //встановити значення для PM10

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.setTimeout(1500); //встановлюємо тайм-аут на 1500мс, що більше ніж час передачі даних датчика
}

void loop()
{
  if(Serial.find(0x42)){ //почати зчитування при виявленні 0x42
    Serial.readBytes(buf, LENG);

    if(buf[0] == 0x4d){
      if(checkValue(buf, LENG){
        PM01Value=transmitPM01(buf); //рахувати значення PM1.0
        PM2_5Value=transmitPM2_5(buf); //рахувати значення PM2.5
        PM10Value=transmitPM10(buf); //рахувати значення PM10
      }
    }
  }

  static unsigned long OledTimer=millis();
  if (millis() - OledTimer >=1000)
  {
    OledTimer=millis();

    Serial.print("PM1.0: ");
    Serial.print(PM01Value);
    Serial.println(" ug/m3");

    Serial.print("PM2.5: ");
    Serial.print(PM2_5Value);
    Serial.println(" ug/m3");

    Serial.print("PM1 0: ");
    Serial.print(PM10Value);
    Serial.println(" ug/m3");
    Serial.println();
  }
}

char checkValue(unsigned char *thebuf, char leng)
{
  char receiveflag=0;
  int receiveSum=0;

  for(int i=0; i<(leng-2); i++){
    receiveSum=receiveSum+thebuf[i];
  }
  receiveSum=receiveSum + 0x42;
}
```

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

```

if (receiveSum == ((thebuf[leng-2]<<8)+thebuf[leng-1])) //перевірка даних
{
    receiveSum = 0;
    receiveflag = 1;
}
return receiveflag;
}

int transmitPM01(unsigned char *thebuf)
{
    int PM01Val;
    PM01Val=((thebuf[3]<<8) + thebuf[4]);
    return PM01Val;
}

//transmit PM Value to PC
int transmitPM2_5(unsigned char *thebuf)
{
    int PM2_5Val;
    PM2_5Val=((thebuf[5]<<8) + thebuf[6]);
    return PM2_5Val;
}

//transmit PM Value to PC
int transmitPM10(unsigned char *thebuf)
{
    int PM10Val;
    PM10Val=((thebuf[7]<<8) + thebuf[8]);
    return PM10Val;
}

```

4.2 Визначення вологості повітря

Розрахунок дефіциту вологості повітря для визначення оптимальної роботи зволожувача повітря:

$$Q = [L * 1,18 * (X2 - X1) / 1000] + Y, \text{ де}$$

Q – кількість вологи, необхідної для зволоження повітря у приміщенні, кг/год;

L – за наявності примусової вентиляції її продуктивність, м3/год,
за відсутності примусової вентиляції $L = V * N$, де:

V – обсяг приміщення, м3;

N - кратність повітрообміну (зазвичай від 0,5 до 2,0);

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

1,18 – щільність повітря, кг/м³ (при температурі 23°С та барометричному тиску 99 кПа);

X1 – вміст вологи (абсолютна вологість) припливного повітря, г/кг;

X2 – вміст вологи (абсолютна вологість) зволоженого повітря в приміщенні при заданій температурі, г/кг;

Y – поправна величина, що враховує інші фактори

Проведемо розрахунок оптимальної продуктивності зволожувача повітря.

Площа кімнати	16 м ²
Висота стелі	2 м
Температура	23 ° С
Вологість	40 %
Температура зовнішнього повітря	20 ° С
Вологість зовнішнього повітря	80%

Зробимо розрахунок продуктивності вентиляції:

$$L = V * N, \text{ де}$$

$$V = 16 \text{ м}^2 * 2 \text{ м} = 32 \text{ м}^3;$$

$$N = 0,7$$

$$\text{Отримаємо: } L = 32 * 0,7 = 22,4 \text{ м}^3/\text{год.}$$

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Вміст вологи повітря X1 і X2 визначимо за діаграмою Мольтє.

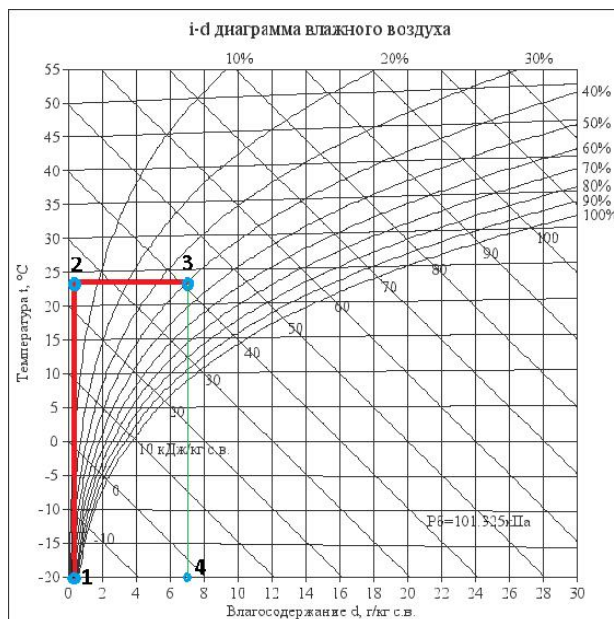


Рисунок 25 – Діаграма Мольтє

Для визначення вмісту вологи потрібно від точки перетину лінії вологості (80%) і температури (мінус 20°C) зовнішнього повітря – точка 1, провести лінію горизонтально вгору до позначки температури в приміщенні (плюс 23°C) – точка 2, потім вправо проводиться горизонтальна лінія до перетину з лінією необхідної вологості (40%) - точка 3, проекція на вісь абсцис покаже шукане значення вмісту вологи X2 - точка 4. Проекція на вісь абсцис точки 1 покаже значення вмісту вологи X1.

Таким чином, графічним методом визначаємо:

$$X1 = 0,3 \text{ г/кг,}$$

$$X2 = 7,1 \text{ г/кг,}$$

$$Q = L * 1,18 * (X2 - X1) / 1000 = 370 * 1,18 * (7,1 - 0,3) / 1000 = 3 \text{ кг / год.}$$

					<i>МД ПМ-01мп11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Таким чином, продуктивність системи зволоження має бути не менше 3 кг/год.

4.3 Розрахунок датчика газу

Після початку роботи датчика ми отримуємо не значення концентрації газу в PPM, а зміст регістра АЦП мікроконтролера. Тим не менше, за цими даними вже можна про щось судити. Для того, щоб отримати ці значення в PPM спочатку треба перевести дані АЦП в вольти.

$$U = 4,9/1024 = 0,0047 \text{ В}$$

Далі отримане значення множимо на значення АЦП і отримуємо напругу на аналоговому виході А0 в вольтах.

$$VRL = 0,0047 * 130 = 0,6 \text{ В}$$

Переходимо до опору датчика. Резистор на платі підтягує наш аналоговий вихід на землю, номіналом 5 Ом. Формула опору датчику:

$$R_s = (V_c / VRL - 1) \times R_L ,$$

де V_c – опорна напруга, VRL – напруга на виході А0, R_L – стійкість до навантаження [7].

Після підстановки необхідних даних отримуємо наступне:

$$R_s = (4.9 / 0,6 - 1) * 5 = 35,8 \text{ Ом}$$

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для отримання точного значення в PPM датчик потрібно відкалібрувати на чистому повітрі. При калібруванні датчик видає значення R_s .

Тепер можемо вирахувати R_0 , яке є в співвідношенні R_s / R_0 .

$$R_0 = R_s / (R_s / R_0),$$

де R_s – опір датчика на чистому повітрі.

На чистому повітрі в графіку R_s / R_0 становить приблизно 9.5. Ділимо R_s на 9.5, отримуємо R_0 .

$$R_0 = 35,8 / 9,5 = 3,77 \text{ Ом}$$

Підрахуємо перший кутовий коефіцієнт. Перша точка - це 200 PPM з співвідношенням $R_s / R_0 = 3$, друга - 500 PPM з співвідношенням приблизно

$$K = (2,2 - 3) / (500 - 200) = -0,002666$$

Вираховуємо інші коефіцієнти і приступаємо до формули розрахунку, яка має вигляд $y = kx + b$, де b - це зміщення прямої по осі Y .

Для початку розрахуємо для першого відрізка b .

$$2.2 = -0.002666 * 500 + b$$

$$b = 3.533$$

Після чого вираховуємо b для інших відрізків і приступаємо до формування коду для Arduino.

Розрахунок датчика газу було розглянуто більш детально у дипломі бакалавра.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

4.3 Вентиляція приміщення

На сьогоднішній день основним способом забезпечення чистоти повітря у квартирах та будинках є вентиляція. Від того наскільки якісно та надійно працює вентиляція залежить здоров'я людини та комфорт проживання.

Вентиляційні системи багатоквартирних будинків проектуються і будуються в переважній більшості випадків як системи з витяжними вентиляційними каналами, що розташовуються на кухні та в санвузлах.

З часом початкова система вентиляції набуває змін. До витяжних каналів приєднуються кухонні витяжки, у витяжні канали санвузлів встановлюються осьові вентилятори, зворотні клапани та інше обладнання. І система вентиляції стає частково змішаною. Як наслідок з'являються численні порушення роботи вентиляції, що призводить до недостатнього повітрообміну, підвищеної вологості внутрішнього повітря, перетіканню повітря між квартирами різних поверхів тощо[12].

Розглянемо таке явище як "перекидання" витяжних вентиляційних каналів природної вентиляційної системи з надходженням зовнішнього холодного повітря по одному з витяжних каналів у квартиру. Через "перекидання" вентиляційних каналів спостерігається зниження температури повітря в тих приміщеннях, в які надходить холодне повітря, з'являється конденсат та може замерзнути трубопровід холодного водопостачання.

Як приклад розглянемо вентиляційну систему двокімнатної квартири верхнього поверху багатоповерхової будівлі. У квартирі встановлено два припливні клапани та два витяжні канали різної висоти. Повітрообмін регулюється за допомогою припливних клапанів – від їхнього повного відкриття до повного закриття з певним кроком[12].

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

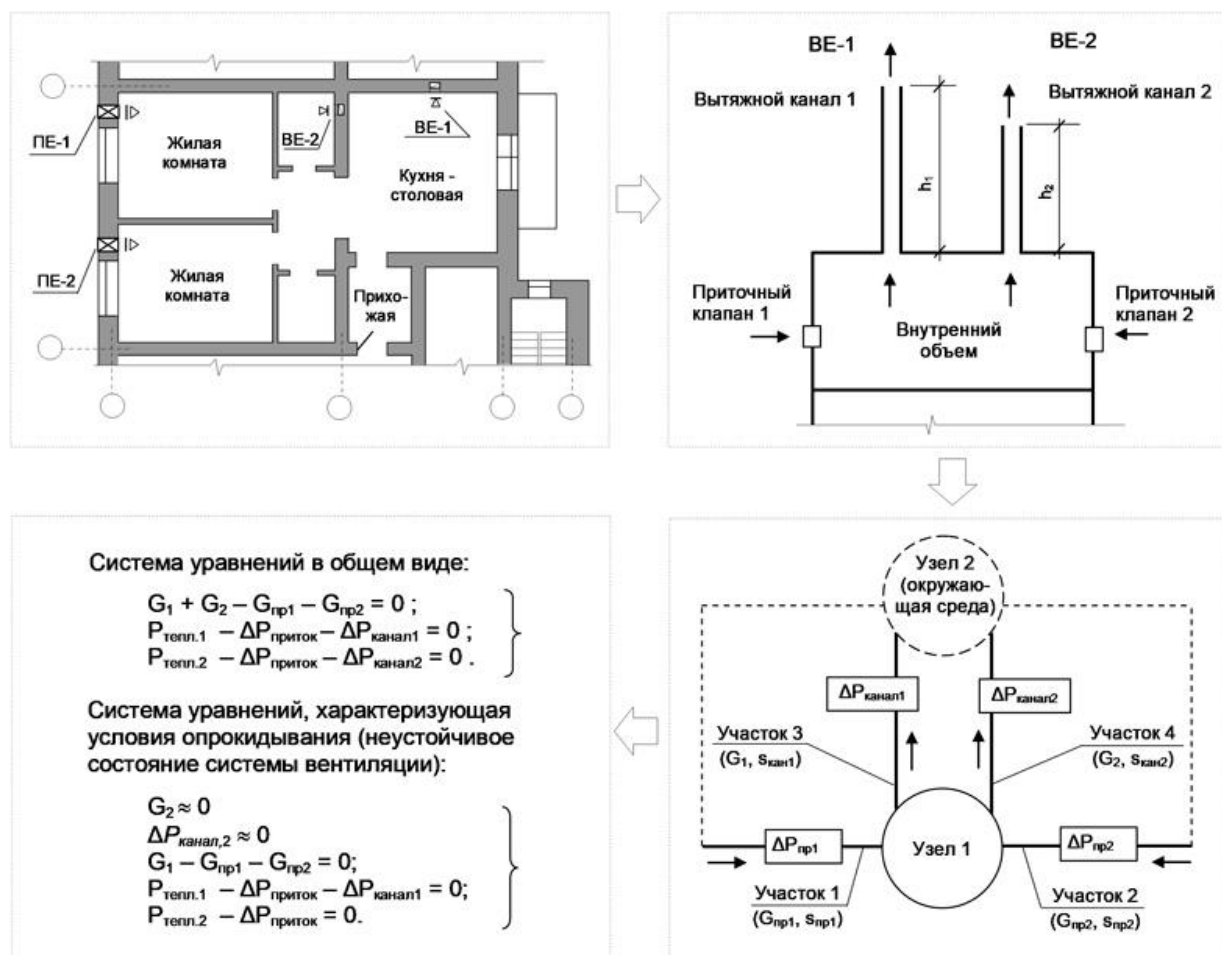


Рисунок 26 – Схема вентиляції кімнати

Результати математичного моделювання вентиляційної системи наведені на рисунку 27. Вони представлені у вигляді залежності витрати повітря, що видаляється через кожен з каналів від характеристики опорів на притоці. Залежність побудована за результатами розрахунків системи вентиляції. Вона має вигляд послідовних стаціонарних станів за різної площі припливних клапанів[12].

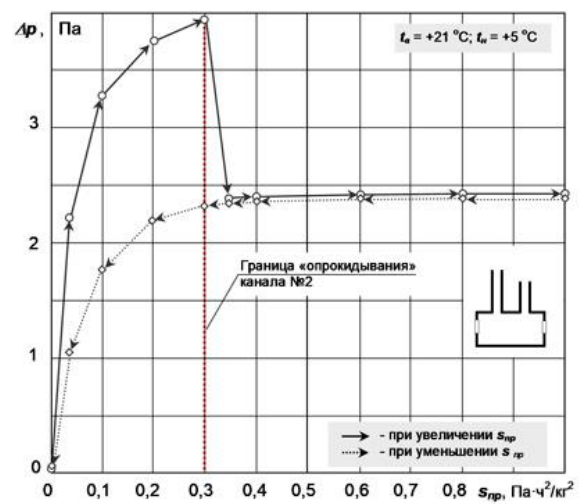
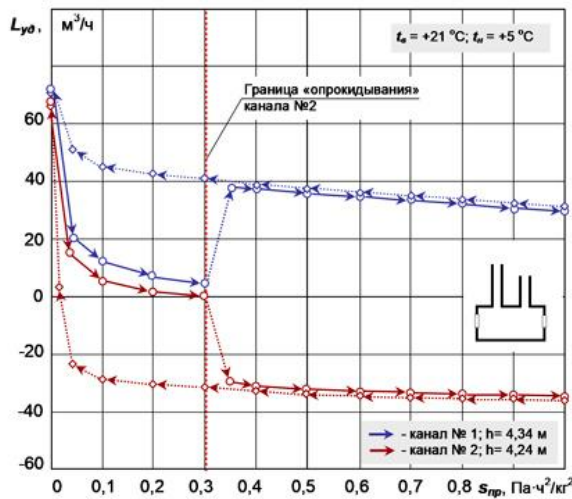


Рисунок 27 - Результати математичного моделювання вентиляційної системи

Аналізуючи результати моделювання можна зробити висновок, що при поступовому закритті припливних клапанів перепад тиску зростає, витрата повітря через витяжні канали зменшується, а система вентиляції поступово входить у нестійкий стан. При значенні характеристики опору $S_{пр} \gg 0,3$ канал 2 «перекидається». При цьому відбувається різке зменшення перепаду тиску а, витрата повітря через канал 1 зростає. При подальшому зменшенні площі припливних клапанів, аж до повного закриття, виникає збільшення витрати повітря через «перекинутий» канал а, перепад тисків трохи збільшується. Вентиляційна система з одного стійкого стану з видаленням повітря через витяжні канали (при повністю відкритих припливних клапанах) перетворюється на інший стійкий стан із припливом повітря через «перекинутий» витяжний канал[12].

При подальшому відкритті та поступовому збільшенні площі припливних клапанів спостерігається поступове зменшення перепаду тисків, збільшення витрати повітря, яке видаляється через канал 1 і зменшення витрати повітря в «перекинутому» каналі. Але, на відміну від перекидання, повернення системи в початковий стан відбувається вже за іншого перепаду тисків. Тобто спостерігається свого роду гістерезис – повернення системи до

початкового стану за інших умов, ніж «перекидання». Даний ефект обумовлений заповненням перекинутого каналу холодним повітрям і, відповідно, необхідністю докладання додаткових зусиль для його видалення при виході системи в початковий стан[12].

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП – ПРОЕКТУ «ПОБУТОВИЙ ВИМІРЮВАЧ-СИГНАЛІЗАТОР КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ В ПОВІТРІ»

В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту «Побутовий вимірювач-сигналізатор концентрації газу в повітрі». Для аналізу використаний алгоритм наведений в [1].

4.1. Опис ідеї проекту

Розглянувши методи вимірювання концентрації газу, було розроблено нову автоматизовану систему, що базується на напівпровідниковому методу вимірювання концентрації.

Зміст ідеї, а також можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів описано у таблиці 1.

Таблиця 5. Опис ідеї стартап-проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
Побутовий вимірювач-сигналізатор концентрації газу в повітрі	Контроль якості повітря в квартирі.	Автономність, дешевизна.

Отже, запропоновано пристрій для контролю концентрації газу, що забезпечить автономність та дешевизну. В таблиці приведені основні напрямки застосування запропонованого пристрою. Основними споживачами є фізичні особи, які використовують газові плити.

В таблиці 6 наведена інформаційна карта стартап проекту.

Таблиця 6. Інформаційна картка стартап-проекту

Назва проекту	Побутовий вимірювач-сигналізатор концентрації газу в повітрі
Автори	Одайник Д.Р. Киричук Ю.В.
Анотація	Пристрій дозволяє автоматизувати процес вимірювання концентрації газу.
Термін реалізації	1 рік
Необхідні ресурси	Людські, фінансові.
Опис проблеми, яку вирішує стартап - проект	На даний час відсутні дешеві пристрої, які дозволяють стежити за концентрацією газу не знаходячись у квартирі.
Ціль	Розробити дешевий сигналізатор, яким можна керувати віддалено.
Очікуваний результат	Використання пристрою для віддаленої передачі, зчитування показників та його інтеграція до системи розумного дому.

Аналіз потенційних слабких, нейтральних та сильних техніко-економічних характеристик ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності(табл. 7).

Таблиця 7. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

n/ n	Техніко- економічні характеристи ки ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	JKD 512COM	Tuya gas leak sensor	Yoba ng Security GS-85			
.	Похибка	≤1 %	±2 %/±4%	±2 %/± 5%	± 2%/± 4%	-	-	+
.	Вартість, грн	900	140 0	110 0	200 0	-	+	-
.	Діапазон вимірювання	1:20 0	1:10 0	1:10 0	1:20 0	-	-	+
.	Автоматиз ація	+	-	-	-	-	-	+

Температура вимірювального середовища	5÷ +50	5÷ +150	20÷ +150	5÷ +150	+	-	-
---------------------------------------	-----------	------------	-------------	------------	---	---	---

У порівнянні із головними конкурентами, перевагою даного пристрою є можливість віддаленого керування, дешевизна. Недоліком даного пристрою є вузький спектр вимірюваних газів.

Проводимо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (табл. 8).

Таблиця 8. Технологічна здійсненність ідеї проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Ідея проекту</i>	<i>Технології її реалізації</i>	<i>Наявність технологій</i>	<i>Доступність технологій</i>
1.	Створення системи автоматизації	Розробка компонентів системи та програмного забезпечення	Наявні	Доступна
		Випробовування та виготовлення програмного забезпечення	Наявні	Доступна
2.	Створення сигналізатора газу	Моделювання сигналізатора за допомогою CAD систем	Наявні	Доступна
		Перевірка сигналізатора за різних умов роботи,	Наявні	Доступна
		Виготовлення сигналізатора	Наявні	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Методика реалізації ідеї проекту спирається на створення компонентів системи та програмного забезпечення, а також моделювання та дослідження характеристик сигналізатора за допомогою CAD/CAE технологій.				

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок, що ідея можлива для створення та всі технології є доступними. Моделювання сигналізатора за допомогою CAD/CAE систем є найменш затратним з

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

можливістю розширення функціоналу пристрою, а також це дає змогу налаштувати систему, враховуючи відмінності робочих середовищ, та використовувати компоненти що підходять системі найкраще.

4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Проведемо аналіз ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, та ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту.

Проаналізуємо попит: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 9).

Таблиця 9. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	5000000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Практичне застосування та сертифікація
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	30%

За результатами таблиці можна зробити висновки, що вихід на ринок є рентабельним. Високий процент рентабельності та загальний обсяг продажів дає змогу швидко відбити затратені кошти на розробку системи. Мала кількість гравців свідчить про легкий вхід на ринок.

Визначимо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 10).

Таблиця 10. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
1.	Розробка приладу з можливістю віддаленого керування з подальшою інтеграцією у систему розумний дім.	Фізичні особи, у яких є необхідність контролю концентрації газу	Фінансові можливості.	- низька ціна - надійність системи - простота використання

Формування ринку визначається потребою в розробці нового пристрою, яким зручніше користуватися. Основними користувачами є фізичні особи у яких є необхідність контролю рідин. Головними вимогами до пристрою є дешевизна, простота використання та надійність системи.

Складемо таблицю факторів ринкового середовища, що перешкоджають (табл.11) ринковому впровадженню проекту, та факторів, що сприяють (табл. 8) йому.

Таблиця 11. Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1.	Конкуренція	Поява конкурентів з меншими цінами при однаковій якості продукту, в результаті зменшення продажів	Удосконалення продукції, маркетингова діяльність
2.	Економічна нестабільність	Економічний стан країни, де виробляється продукт, мала купівельна спроможність населення	Максимальне спрощення комплектації системи.
3.	Якість обладнання	Відсутність надійних постачальників високоякісного обладнання	Пошуки постачальників за межами країни.
4.	Технології	Застарілість товару, винайдення більш нових технологій	Пошук шляхів впровадження нових методів вимірювання
5.	Відсутність попиту	Ймовірність того що клієнти не будуть купувати товар	Визначення потреб клієнтів

Головним фактором загроз є конкуренція, також одним з найголовніших факторів якість продукту та економічний стан країн де буде проводитись розробка та продаж системи, тому може бути необхідність виходу на зарубіжний ринок.

Таблиця 12. Фактори можливостей

<i>№ п/п</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1.	Збільшення попиту	Збільшення виробництва товару та товарообігу	Збільшення кількості одиниць товару, впровадження нових модифікацій товару. Притягнення нових інвестицій
2.	Освоєння нових сфер	Система використовується у сферах, що не розглядалися	Модернізації системи для виконання специфічних вимог
3.	Потреба в доступній методиці	Актуальна розробка з низькою собівартістю	Залучення іноземних інвестицій
4.	Вихід на міжнародний ринок	Зацікавленість продуктом за кордоном	Відкриття нових відділів продажу за кордоном

Головним фактором можливостей є збільшення попиту на продукт, це призведе до збільшення кількості клієнтів, а отже і кількості нових інвестицій до товару. Освоєння нових сфер також є одним з головних, оскільки дана можливість дає змогу вийти компанії на міжнародний ринок, а отже також призведе до збільшення клієнтської бази.

Наступним кроком проводиться аналіз пропозиції, а саме визначити загальні риси конкуренції на ринку (табл. 13).

Таблиця 13. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Вказати тип конкуренції: - чиста конкуренція	Мала кількість конкурентів на ринку	Можливість прогнозувати подальший розвиток ринку. Можливість випереджувати конкурентів шляхом покращення товару
2. За рівнем конкурентної боротьби: - міжнародний	Можливість знаходження замовників з закордону, залучення іноземних інвестицій	Вихід на міжнародний ринок

3. За галузевою ознакою: - внутрішньогалузева	Конкуренція між підприємствами в межах однієї галузі	Маркетингова діяльність по залученню клієнтів
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Конкуренція товарів одного виду	Створення модифікацій з розширеним функціоналом, що будуть задовільняти потреби клієнтів
5. За характером конкурентних переваг: - цінова	Вартість залежить від комплектації та функціоналу системи	Пошук постачальників, які пропонують найвигідніші ціни на компоненти приладу
6. За інтенсивністю - марочна	Товар, що пропонують конкуренти є подібним	Маркетингова діяльність; зниження ціни на товар; покращення якості продукту; створення власної торгової марки

Отже, аналіз пропозицій показав, що запропонована система демонструє високу конкурентоспроможність. На ринку є чиста конкуренція через не велику кількість конкурентів. За рівнем конкурентної боротьби – міжнародний з внутрішньогалузевою ознакою. За видами товарів конкуренція є товарно-видовою, а за характером конкурентних переваг – ціновою.

Проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера (табл. 14).

Таблиця 14. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	<i>KD512CO M</i>	<i>Туя</i>	Smart Life	Фізичні особи	Камструр
Висновки:	Конкуренція є відносно не великою	Є можливість виходу на ринок. Наявні потенційні конкуренти.	Постачальник не диктує умови на ринку	Клієнти не диктують умови роботи на ринку	Обмежень не існує

За результатами аналізу таблиці 10 можна сказати що на ринку можна працювати адже кількість конкурентів є відносно не великою. Товари-замінники не можуть в повній мірі задовольнити потреби клієнтів, оскільки мають доволі високу ціну для своїх характеристик.

Визначимо та обґрунтуємо перелік факторів конкурентоспроможності, що базується на основі аналізі конкуренції, проведеного в (табл. 10), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 3), вимог споживачів до товару (табл. 6) та факторів маркетингового середовища (табл. №№ 7-8) (табл. 11).

Таблиця 15. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
1.	Точність	Висока точність вимірювання
2.	Діапазон вимірювання	Широкий діапазон вимірювання
3.	Зручність використання	Можна керувати з будь-якого місця.
4.	Ціна	Ціна на товар є одним із засобів ведення конкурентної боротьби, оскільки дана розробка є набагато дешевшою ніж закордонні аналоги.
5.	Автоматизованість	Можливість віддаленого передавання та зчитування показників
6.	Надійність та простота	Довгий строк служби приладу

В таблиці 15 наведені основні фактори конкурентоспроможності. Висока точність, діапазон вимірювання та ціна є головними факторами конкурентоспроможності, що дозволить зайняти високе місце на ринку. Також в даній системі є можливість дистанційного керування та зчитування показників, що робить дану систему унікальною.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 15) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 16).

Таблиця 16. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Ба ли 1- 20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Endress + Hauser						
			3	2	1	0	1	2	3
1	Точність	19			+				
2	Діапазон вимірювання	18							+
3	Зручність використання	18				+			
4	Ціна	16							+
5	Автоматизованість	15			+				
6	Надійність та простота	17						+	

Проаналізувавши таблицю 12 можна зробити висновки, щодо сильних та слабких факторів конкурентоспроможності. Сильними сторонами системи є: діапазон вимірювання, ціна, а також надійність і простота. До слабких сторін можна віднести точність та автоматизованість.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 17) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 16).

Таблиця 17. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> Точність Діапазон вимірювання Зручність використання Ціна Автоматизованість Надійність та простота 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> Залежність від постачальників Поява нових технологій Відсутність торгової марки
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> Збільшення попиту Освоєння нових сфер Потреба в доступній методиці Вихід на міжнародний ринок 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> Конкуренція Економічна нестабільність Якість обладнання Технології Відсутність попиту

За результатами SWOT-аналізу визначені основні можливості та загрози, які передбачаються сильними та слабкими сторонами відповідно. Слабкими сторонами є залежність від постачальників, поява нових технологій та відсутність торгової марки, але наведені вище переваги повністю нівелюють дані недоліки.

Також базуючись на SWOT-аналізі розробимо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 18).

Таблиця 8. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
1.	Пошук інвестицій	Висока	6-12 місяців
2.	Збільшення ринку збуту завдяки маркетингу	Висока	1-2 роки
3.	Вихід на міжнародний ринок	Середня	2-3 роки

За результатами ринкового впровадження системи, можна зробити висновок, що ймовірність отримання ресурсів є досить великою. Головними джерелами ресурсів є інвестиції та маркетингова діяльність. Найкращою альтернативою буде вихід на міжнародний рівень, що займе приблизно 2-3 роки.

4.3. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розробимо ринкову стратегію, що передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 19).

Таблиця 19. Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>№ п/п</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1.	Фізичні особи	+	+	Середня	+
Які цільові групи обрано: Фізичні особи, у яких є необхідність контролю концентрації газу					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів обрано фізичні особи, у яких є необхідність контролювати концентрацію газу у кімнатах, де конкуренція не є сильною та є можливість легкого виходу на ринок. Для даної групи будемо пропонувати свою систему для вимірювання концентрації газу.

Сформувані базову стратегію розвитку для роботи в обраних сегментах ринку (табл. 20).

Таблиця 20. Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ п/п</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
1.	Підвищення надійності	Стратегія диференційовано го маркетингу	Підбір кращих матеріалів приладу для забезпечення надійності	Стратегія диференціації

В якості базової стратегії розвитку було обрано стратегію диференціації. Дана стратегія передбачає надання унікальних властивостей продукту за вимогою користувача. Ключовою пропозицією конкурентоспроможності є підбір кращих матеріалів приладу для забезпечення надійності.

Оберемо стратегію конкурентної поведінки (табл. 21).

Таблиця 21. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>№ n/n</i>	<i>Чи є проект «першопрохідником» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
1.	Проект не є першопрохідником	Компанія націлена на всіх споживачів	Компанія не буде копіювати характеристики товару закордонного конкурента.	Стратегія виклику лідера

Оскільки даний продукт не є першопрохідником та має суттєві переваги по відношенню до свого прямого конкурента було обрано стратегію виклику лідера. Дана стратегія полягає в тому, що необхідно протистояти лідеру та виробляти кращий продукт, який може зайняти найвищу позицію на ринку.

Базуючись на вимогах споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 9), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 20) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 21) розробляється стратегія позиціонування (табл. 22) [1].

Таблиця 22. Визначення стратегії позиціонування

<i>№ n/n</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспромож ні позиції власного стартап-проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувавши комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
1.	Точність	Страте гія диференці ації	Висока точність	Висока точність на всьому діапазоні вимірювання
2.	Діапазон вимірювання	Страте гія диференці ації	Широкий діапазон вимірювання	Стабільність показників на всьому діапазоні вимірювання
3.	Ціна	Страте гія диференці ації	Доступна цінова політика	Якість, гарантія, обслуговування

За результатами даної таблиці можна сказати, головними вимогами до товару є точність, діапазон вимірювання та ціна. Компанія працюватиме за диференційною стратегією, оскільки на ринку присутня мала кількість конкурентів, то споживач готовий сприйняти товар та не має великої складності до виходу на ринок.

4.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Формування *маркетингової концепції товару*, який отримає споживач. Для цього потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару(табл. 23)[1].

Таблиця 23. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>

1.	Потреба в точній, дешевій та автоматизованій системі вимірювання концентрації газу	Висока точність, автоматизованість, широкий діапазон вимірювання, ціна	Висока точність на всьому діапазоні вимірювання за вигідною ціною
----	--	--	---

Висока точність на всьому діапазоні вимірювання за вигідною ціною, дає змогу знайти свого клієнта. Конкуренти не можуть запропонувати схожі характеристики товару за такою ціною.

Розробимо трирівневу маркетингову модель товару, де описується ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 24).

Таблиця 24. Опис трьох рівнів моделі товару

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>		
I. Товар за задумом	Пропонується новий прилад для визначення концентрації газу та можливістю віддаленого керування та передачі даних.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Точність вимірювання	М	Тх
	2. Діапазон вимірювання	Нм	Тх
	3. Температура вимірювального середовища	Нм	Тх
	4. Вартість	М	Вр
	Якість: Сертифікати відповідності ДСТУ		
Пакування: відповідно до стандартів			
Марка: «SmatrGasSensor»			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: комунікація з клієнтами для актуальності отриманих результатів, усунення несправностей, покращення якості приладу		
	Після продажу: розробки нових покращених модифікацій та модернізації існуючий приладів, а також проведення повірок, установка, обслуговування.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патентом			

За результатами даної таблиці можна зробити висновок, що характеристики закладені у 2-му рівні роблять даний прилад унікальним серед його

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

конкурентів. Патентування програмних та методологічних рішень слугує захистом від копіювання. Також товар повинен бути запатентованим для захисту від копіювання.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (табл. 25)[1].

Таблиця 25. Визначення меж встановлення ціни

<i>№ п/п</i>	<i>Рівень цін на товари- замінники</i>	<i>Рівень цін на товари- аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</i>
	800-900	1100-1400	15000-100000	900-1000

За результатами зробленого аналізу аналогів та замінників, було досліджено ринок та встановлено верхню та нижню межі на автоматизовану систему вимірювання рідини, з урахуванням цін на компоненти, виробництво та інші витрати. Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар складає 800 – 900 грн.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 26)

Таблиця 26. Формування системи збуту

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
1.	Продаж	Продаж товару замовнику, з подальшим обслуговуванням	Нульового рівня	Пряма

Основним каналом збуту є продаж систем. Найефективнішою системою збуту є пряма, без залучення посередників між виробником та споживачем. Замовлення товару та комплектуючих реалізовано за допомогою сайту.

Останньою складової маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 27)[1].

Таблиця 27. Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
	Необхідність контролю концентрації газу з можливістю віддаленого керування при невеликій ціні.	Інтернет, виставки, конференції, фахові видання	Висока точність, широкий діапазон вимірювання, автоматизованість, низька вартість	Показати покупцю перевагу над конкурентами	Висвітлення його основних метрологічних характеристик та переваг над конкурентами

Результатом таблиці 27 є ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки[1].

Розглянемо організаційний план стартап-проекту. Опис команди стартапу представлено в таблиці 28.

Таблиця 28. Початкові вкладення у стартап проект

<i>Стадія стартапу</i>	<i>Завдання</i>	<i>Члени команди</i>	<i>Освіта</i>	<i>Досвід роботи</i>	<i>Спеціалізовані знання</i>	<i>Витрати, тис. грн</i>
Передпосівна	Розробка ідеї без розробленого механізму її реалізації	Одайник Дмитро, засновник;	Інженер-конструктор;	-	Знання в сфері розробки 3D-моделей	-

					та креслень;	
Посівна	Дослідити ринок, розробити початкову дорожню карту проекту, пошук інвесторів	-//-	-//-	-//-	-//-	10000
Прототипування	Створити першої моделі продукту в SolidWorks для виявлення можливості його впровадження та перевірки дієздатності; Створення програмного забезпечення	Одайник Дмитро; Бойков Владислав	Інженер-конструктор; Програміст, інженер-технолог	-	Знання в сфері розробки 3D-моделей; Знання в сфері розробки програмного забезпечення;	75000
Закрита бета-версія	Створити готовий, життєздатний продукт. Протестувати продукт на невеликій закритій групі споживачів	Одайник Дар'я	Маркетолог	-	Знання в сфері маркетингу	40000
Ведення бізнесу	Вивести продукт на широку аудиторію, почати продажі. Отримати відгуки щодо продукту, можливі незначні	-//-	-//-	-//-	-//-	240000

	доопрацюван ня					
--	-------------------	--	--	--	--	--

Отже, загальному команда складається з 3 людей:

1. Одайник Дмитро, засновник, інженер-конструктор, спеціаліст з дизайну та моделювання;
2. Бойков Владислав, інженер-технолог, програміст, відповідальний за розробку програмного забезпечення та електроніку;
3. Одайник Дар'я, маркетолог, займається маркетинговою діяльністю та рекламою;

Складемо календарний план-графік підготовки стартапу (таблиця 25).

Таблиця 29. Календарний план-графік підготовки стартапу

Стадія стартапу	Період запуску (за місяцями з початку підготовки проєкту)					Вартість стадії, грн
	1	2	3	4	5	
Передпосівна	01.01.22 14.01.22					-
Посівна		14.01.22 14.02.22				10000
Прототипуванн я			14.02.22 01.05.22			75000
Закрита бета- версія				01.05.22 01.07.22		40000
Ведення бізнесу					01.07.22 01.01.23	240000
Разом						365000

Отже, з таблиці 29 можемо зробити висновок, що на реалізацію проєкту знадобиться 1 рік та 365 тис. грн. Найбільш дорогим етапом є введення бізнесу через його довготривалість.

Розглянемо виробничий план стартап-проєкту. Сировина, матеріали та комплектуючі наведені в таблиці 30:

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 30. Матеріали та їх постачальники

<i>Найменування видів сировини, матеріалів та комплектуючих виробів</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Ціна за одиницю</i>	<i>Умови постачання</i>
1. Датчик газу MQ-2	Arduino.ua	60	...
2. Wi-Fi модуль	Arduino.ua	100	100x1000x4
3. Корпус з нержавіючої сталі	Stalar	500	10x10x10
4. Плата	Arduino.ua	250	
Разом		910	...

Отже, з таблиці 26 може зробити висновок, що для виготовлення однієї одиниці товару необхідно 910 грн., з яких 500 грн. йде на заготовку для виготовлення корпусу сигналізатора.

Потреба в обладнанні та технічних засобах розглянута в таблиці 27.

Таблиця 31. Потреба в обладнанні та технічних засобах

<i>Найменування обладнання</i>	<i>Кількість</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Умови постачання</i>	<i>Вартість, тис. грн</i>
1. ЧПУ-станок	1	Roland	...	495
2. Зварювальний апарат	1	Tesla Weld		5
Разом	2			500

Отже, для реалізації даного стартапу необхідно дві одиниці обладнання, серед яких ЧПУ-станок та зварювальний апарат на загальну суму 500 тис.грн.

Потреба в промислово-виробничому персоналі розглянута в таблиці 32.

Таблиця 32. Потреба в промислово-виробничому персоналі

<i>Посада</i>	<i>Чисельність</i>	<i>Витрати, тис. грн</i>
Метролог	1	15
Інженер-технолог	1	15
Програміст	1	15
Маркетолог	1	15
Працівник на виробництві	3	12
Разом	7	96

З таблиці 32 можемо зробити висновок, що необхідно 7 людей промислово-виробничого персоналу та загальні витрати в кількості 96 тис. грн. на місяць для надання заробітної плати для персоналу.

Розглянемо зведений план витрат на запуск виробництва продукції (табл. 33).

Таблиця 33. Зведений план витрат на запуск виробництва продукції

<i>Найменування</i>	<i>Пояснення</i>	<i>Вартість тис. грн.</i>
Витрати на придбання обладнання та устаткування	Витрати на придбання обладнання	500
Сировина, основні матеріали	Вартість сировини та матеріалів для забезпечення технологічного процесу	100
Комплектуючі	Витрати на комплектуючі продукту	-
Паливо та електроенергія на технологічні цілі	Витрати на електроенергію, а також на паливо, необхідні для запуску проектної потужності виробництва	30
Оплата праці промислово-виробничого персоналу	Витрати на заробітну плату та соціальні відрахування	96
Освоєння та запуск виробництва	Витрати на пусконаладжувальні роботи, запуск виробництва	50
Разом:		776

Отже, зведений план витрат на запуск виробництва продукції показує, що для реалізації та випуску продукції необхідно 776 тис. грн.

Розглянемо фінансову модель стартапу. Визначимо початкові вкладення для розвитку стартап-проекту (табл. 34).

Таблиця 34. Початкові вкладення у стартап проект

<i>Види витрат</i>	<i>Вартість</i>
НДДКР	20000
Захист прав на об'єкти інтелектуальної власності	10000
Закупівля сировини та матеріалів	100000
Створення прототипу, досліди	75000
Оренда приміщення	240000
Просування	120000
Витрати на команду	365000

Замовлення послуг	-
Закупівля обладнання	500000
Створення сайту стартапу	15000
Орієнтована собівартість першого продукту	20000
РАЗОМ	1465000
<i>Витрати, що бере на себе стартапер</i>	<i>65000</i>
<i>Необхідні інвестиції для запуску стартапу та виробництва першої партії</i>	<i>1400000</i>

За результатами таблиці 34 можна зробимо висновок, що інвестиції необхідні для старту проекту складають 1400000 грн, а витрати, що бере на себе стартапер складають 65000 грн. Найбільша кількість коштів необхідна на закупівлю обладнання та складає 500000 грн.

Планові фінансово-економічні показники проекту наведені в таблиці 31.

Таблиця 35. Планові фінансово-економічні показники

	Показник	Періоди (по місяцях)												Всього за рік
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Обсяг виробництва продукції в натуральних показниках	20	25	30	35	40	45	50	55	60	60	60	60	500
2	Собівартість одиниці продукції, тис. грн.	24	24	23	23	22	22	21	21	21	20	20	20	261
3	Собівартість виробництва продукції, тис. грн. ($3 = 1 \cdot 2$)	480	600	690	805	880	990	1050	1155	1200	1200	1200	1200	11210
4	Обсяг реалізації продукції в натуральних показниках	20	25	30	35	40	45	50	55	60	60	60	60	500
5	Ціна реалізації продукції без ПДВ, тис. грн.	25	25	24	24	23	23	22	22	22	21	21	20	272
6	Виручка від реалізації продукції без ПДВ, тис. грн. ($6 = 4 \cdot 5$)	500	625	720	845	960	1035	1100	1200	1200	1200	1200	1200	11880
7	Податок на додану вартість (ПДВ), тис. грн. ($7=6/5$)	20	25	30	35	40	45	50	55	60	60	60	60	500
8	Валовий прибуток ($8 = 6 - 3$)	20	25	30	35	40	45	50	55	60	60	60	60	500
9	Податок на прибуток ($9=8*0,20$ (20 %))	4	5	6	7	8	9	0	1	1	2	2	12	107
10	Чистий прибуток ($10 = 8 - 9$)	16	20	24	28	32	36	40	44	44	48	48	48	428

Отже з таблиці 29 можемо зробити висновок, що при виробництві 500 товарі за рік та їх реалізації виручка без ПДВ складе 11880 тис. грн., що є досить багато. При цьому чистий прибуток складе 428 тис. грн.

Окупність інвестицій:

$$ROI = \frac{ANP}{I} \cdot 100\% = \frac{428}{1400} \cdot 100\% = 30,5\%$$

Розглянемо термін окупності інвестицій DPP (табл. 36).

Таблиця 36. Термін окупності інвестицій DPP

	Сума інвестицій (CI), тис. грн..	Рік	Надходження, тис. грн	Дисконтовані надходження (ставка дисконтування 10%), тис грн	Разом
Початкові інвестиції	1400 (CI)		-		
$DPP' = \frac{1400 - 1274}{136.5} = 0.923,$ $DPP = 4 + 0.923 = 4.923 \text{ року}$		1	500	454	
		2	400	364	
		3	300	273	
		4	200	182	1274 (CH _p)
		5	150*	136,5 (H _{p+1})	1410,8

З таблиці 36 можемо зробити висновок, що термін окупності інвестиційних вкладень складає 5 років. Сумарні дисконтовані надходження протягом років складають 1274 тис. грн., а дисконтовані надходження за рік, які повністю покривається інвестицій вкладення – 136,5 тис. грн.

Висновки

Одним з найважливіших етапів будь-якої наукової роботи є її подальший розвиток, комерційна реалізація та практичне застосування. Даний розділ потрібний під час розробки стартап-проекту та впровадження його на ринок.

Першим етапом стартап-проекту є опис ідеї проекту. На даному етапі висвітлюється аналіз ризиків та можливостей, які можуть виникнути при подальшому розвитку стартапу. Аналіз сильних та слабких сторін проекту дав можливість оцінити конкурентоспроможності даної ідеї як продукту на ринку.

Найбільшим ризиком для проекту є конкуренція, для її недопущення необхідна маркетингова компанія з подальшим удосконаленням продукції. Головною можливістю є збільшення попиту, що може допомогти збільшити виробництво товару та товарообіг, а для забезпечення цього, збільшувати кількості одиниць товару, впроваджувати нові модифікації товару та притягувати нові інвестиції.

Аналіз пропозицій показав, що на ринку є чиста конкуренція через не велику кількість конкурентів. Базовою стратегією розвитку стартапу була обрана диференціація.

Одну з найважливіших функцій у реалізації даного продукту відіграє маркетингова діяльність, за допомогою якої відбувається висвітлення переваг продукту над продуктами конкурентів, а також що саме цей продукт допоможе їм заощадити гроші шляхом підвищення точності обліку.

Аналіз фінансової моделі стартапу показав, що на його реалізацію потрібно 1,4 млн. грн., а також один рік часу. При цьому чистий прибуток складе 428 тис. грн., а термін окупності інвестиційних вкладень складе 5 років.

Команда складається з 3 людей, в її склад входять інженер-конструктор/спеціаліст з дизайну та моделювання, інженер-технолог, програміст та маркетолог.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Базуючись на всіх цих аспектах, можна зробити висновки, що подальша реалізація проекту можлива. Але для цього треба мати переваги над проектами конкурентів, та вміло їх подавати у вигляді рекламної інформації .

ЛІТЕРАТУРА

1. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

В результаті написання магістерської дисертації було розроблено систему контролю якості повітря, керування якою відбувається за допомогою смартфона. Виконано огляд існуючих пристроїв для контролю якості повітря. Також, було проведено розрахунок датчику газу, концентрації пилу та вологості в кімнаті.

В подальшому є можливість вдосконалити систему шляхом встановлення більш нових та точних датчиків.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Измерители влажности воздуха: виды и назначение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tehnouzel.ru/izmeritelnyy-instrument/izmeriteli-vlazhnostivozduha.html>
2. Пылемеры - принцип работы, сфера применения, выбор прибора для конкретной задачи. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eco-intech.com/biblioteka/pylemery-printsip-raboty-sfera-primeneniya-vybor-pribora-dlya-konkretnoy-zadachi/>
3. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://pidru4niki.com/80324/ekologiya/yemnisniy_gigrometr
4. Класифікація газоаналізаторів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.promsystem.com.ua/info/klasifikatsiya-gazoanalizatoriv/>
5. О том, как правильно использовать датчик пыли. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://diymcblog.blogspot.com/2016/08/dsm501-1.html>
6. Н. Ю. Мамаева ОЦЕНКА ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nlr.ru/fdcc/publ/examination/pdf/08.pdf>
7. Основы измерения влажности и влагосодержания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://almemo.ru/articles/basics-of-humidity-and-moisture-measurement/>
8. Визначення гігрометричних показників повітря в приміщеннях. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://socrates.vsau.org/b04213/elbook/view_page.php?book_id=1&user=575&page_id=7

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

9. Расчет увлажнения воздуха в помещении. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.buhler-ahs.ru/raschet-uvlazhneniya-vozduxa-v-pomeshhenii/>
10. PM2.5 Air Quality Sensor. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/pm25-air-quality-sensor.pdf>
11. Виды гигрометров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studbooks.net/2571331/tovarovedenie/vidy_gigrometrov
12. Система вентиляции жилых многоквартирных зданий: «опрокидывание» вытяжных каналов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7502
13. Одайник, Д. Р. Побутовий вимірювач-сигналізатор концентрації газу в повітрі : дипломний проект ... бакалавра : 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / Одайник Дмитро Романович. – Київ, 2020. – 77 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35100>
14. Збірник праць XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 07-08 грудня 2021 р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – 364 с. с. 164-166.

					<i>МД ПМ-01мн11.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69