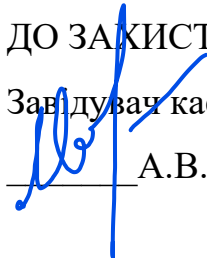


**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
РАДІОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

 А.В. Мовчанюк

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки»
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
на тему: «Система контролю та регулювання якості повітря»**

Виконав:

Студент IV курсу, групи PI-91

Лещенко Сергій Сергійович



Керівник:

К.т.н. доц., доцент каф. прикладної радіоелектроніки

Адаменко Юлія Федорівна



Рецензент:

ст. викладач каф. PI

Булашенко Андрій Васильович

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент



Київ—2023 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	формат	Позначення	Найменування	Кількість листків	Примі- тка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	1	
2	A4	PI91.421453.001 ПЗ	Пояснювальна записка	37	
3	A4	PI91.421453.001	Специфікація на пристрій	2	
4	A4	PI91.421453.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
5	A4	PI91.421453.001 ПЕ	Перелік елементів	2	
6	A3	PI91.421453.001 СК	Складальний кресленик пристрою	1	
7	A3	PI91.421453.002 СК	Складальний кресленик плати	1	
8	A4	PI91.421453.001	Специфікація на друкований вузол	3	
9	A3	PI91.758724.001	Друкована плата	1	

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра прикладної радіоелектроніки

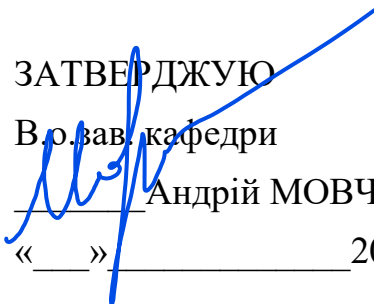
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма «Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедри

 Андрій МОВЧАНЮК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студента

Лещенко Сергій Сергійович

1. Тема проєкту «Система контролю та регулювання якості повітря», керівник проєкту к.т.н. доц., доцент каф. прикладної радіоелектроніки Адаменко Юлія Федорівна, затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту 12 червня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту: зменшення кількості контролерів системи до 1; контроль об'єму; розміри контролера не більше 11см x 2см x 4см

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз аналогів; обґрунтування схематичного завдання; вибір елементної бази та конструктивних елементів; проектування електронного модулю та приладу.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень: креслення, плакатів, презентацій тощо) : Схема електрична принципова; креслиник друкованої плати; плакат із зовнішнім виглядом приладу; презентація; креслиник електричного модулю

6. Дата видачі завдання 17 квітня 2023 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Огляд існуючих рішень	18.05.2023	Виконано
2.	Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення, синтез схеми електричної структури	20.05.2023	Виконано
3.	Підбір елементної бази	21.05.2023	Виконано
4.	Синтез схеми електричної приципової	23.05.2023	Виконано
5.	Проектування електронного модулю	27.05.2023	Виконано
6.	Аналіз працездатності приладу	29.05.2023	Виконано
7.	Проектування приладу	2.06.2023	Виконано

Студент



Сергій Лещенко

Керівник



Юлія Адаменко

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт включає в себе пояснювальну записку, що включає 37 сторінок, 29 рисунків, 4 таблиці, 1 додаток та комплект конструкторської документації.

В даній дипломній праці за мету взято розробку доступного та функціонального контролера системи контролю та регулювання якості повітря.

В процесі роботи проаналізовано існуючі пристрої та системи, описані їх переваги та недоліки, а також порівняно доступність.

Розроблено схему електричну принципову, спроектовано електронний модуль та корпус. Елементна база обрана згідно обмежень технічного завдання. Розраховано надійність та радіатор, який можна використати при підвищенні температури в місці встановлення.

Запропоновані різні варіанти виконання системи та способи їх встановлення, а саме в приміщення, в транспорті та переносний варіант. В кожному випадку переглянуто та обрано потрібні комплектуючі до системи серед доступних на ринку.

Ключові слова: якість повітря, контроль якості повітря, забруднене повітря, контролер, здоров'я, електрична схема.

ANOTATION

The diploma project includes an explanatory note, which includes 37 pages, 29 figures, 4 tables, 1 appendix and a set of design documentation.

The aim of this thesis is to develop an accessible and functional controller of the air quality control and regulation system.

In the course of work, existing devices and systems were analyzed, their advantages and disadvantages were described, and their availability was compared.

The basic electrical scheme was developed, the electronic module and housing were designed. The element base is selected according to the limitations of the technical task. Reliability and a radiator that can be used when the temperature in the place of installation is increased are calculated.

Various variants of the system implementation and methods of their installation are offered, namely indoors, in transport and a portable version. In each case, the necessary components for the system were reviewed and selected among those available on the market.

Key words: air quality, air quality control, polluted air, controller, health, electrical circuit.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Систему контролю та регулювання якості повітря»

Київ — 2023 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	2
Вступ.....	5
1 Аналіз розробки.....	6
1.1 Про систему	6
1.2 Аналіз аналогів на ринку.....	7
1.2.1 Станція моніторингу якості повітря SaveEcoSensor 3.0	7
1.2.2 Рекуператор ASPIRA ECOCOMFORT 2.0 SMART.....	8
1.3 Огляд можливих технічних рішень.....	9
1.3.1 В приміщенні.....	9
1.3.2 В транспорті.....	10
1.3.3 Назовні	10
1.4 Аналіз технічного завдання	11
2 Обґрунтування схемотехнічного рішення.....	12
2.1 Структурна схема.....	12
2.2 Схема електрична принципова	13
3 Вибір елементної бази та конструктивних елементів	16
3.1 Вибір елементної бази	16
3.1.1 Мікроконтролер	16
3.1.2 Дисплей	17
3.1.3 Резистори та регулятор напруги.....	18
3.1.4 Конденсатори	18

					РПЗ1.421453.001 ПЗ		
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Лещенко С.С				Система контролю та регулювання якості повітря	Літ.	Лист
Перевірів	Адаменко Ю.Ф						1
						РІ-91, РТФ	
Н. Контр.							
Затвер-	Адаменко Ю.Ф.						

3.1.5	Світодіоди	19
3.1.6	Кварцові резонатори	19
3.1.7	Енкодер та кнопка	20
3.2	Вибір конструктивних елементів	21
3.2.1	Вибір ємкості	21
3.2.2	Вибір газової помпи/компресора.....	22
3.2.3	Вибір датчику	23
3.2.4	Блок живлення контролера	24
4	Проектування приладу.....	25
4.1.1	Обґрунтування методу виготовлення та вибору матеріалу плати	25
4.1.2	Обґрунтування вибору припою та вибір класу точності плати	26
4.1.3	Клас точності плати	26
4.2	Розрахунок елементів друкованої плати	26
4.2.1	Визначення габаритів ДП та параметрів монтажу	26
4.2.2	Розрахунок розмірів монтажних отворів та контактних майданчиків	27
4.2.3	Розрахунок провідників.....	27
4.3	Робота в програмному забезпеченні Altium Designer	28
4.3.1	Трасування провідників	28
4.4	Конструкція	29
5	Розрахунки надійності та радіатора	32
5.1	Розрахунок надійності	32
5.2	Розрахунок радіатора.....	33
	Висновки	37

					<i>РП31.421453.001 ПЗ</i>	Лис
						2
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел..... 38

Додаток А..... 2

					РПЗ1.421453.001 ПЗ	Лис
						3
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ISP — принцип розділення інтерфейса;

ISP-програмактор — програмактор контролерів AVR через інтерфейс ISP;

LCD — рідкокристалічний дисплей, електронний пристрій візуального відображення інформації (дисплей), принцип дії якого ґрунтується на явищі електричного переходу Фредерікса в рідких кристалах;

LDO (low-dropout regulator) — DC лінійний регулятор напруги, що регулює вихідну напругу;

OLED — органічний світлодіод, світлодіод у якому електролюмінісценція відбувається в тонкому пласті органічного напівпровідника;

SMD — тип електронних компонентів та технологія їх монтажу;

THT — тип кріплення (наскрізний монтаж);

TVOC — загальні леткі органічні сполуки;

Ppm — одиниця вимірювання концентрації та інших відносних величин, аналогічна за змістом відсотку або проміле, та являє собою одну мільйонну частку;

ДДП — двостороння друкована плата;

ДП — друкована плата;

МК — мікроконтролер;

					РПЗ1.421453.001 ПЗ	Лис
						4
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В період глобального використання машин, електрики та різкого зростання рівня населення на планеті, якість повітря поступово зменшується, що собою впливає на стан здоров'я та на стан людини в цілому. З кожною хвилиною все більше і більше зростає потреба в контролю насиченості повітря шкідливими домішками та врегулювання стану до рівня норми. Один з таких способів-система контролю та регулювання якості повітря «InAirBox» на основі якої і розроблюються в кооперації з розробником модифікації до неї. Дана система може використовуватись, як в приміщеннях, автомобілях, так і в портативному варіанті. Під час використання даної розробки, зменшується або ліквідується шкідливий вплив забрудненого повітря на організм людини.

					РПЗ1.421453.001 ПЗ	Лис
						5
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ РОЗРОБКИ

В мету даної роботи покладено розробку поліпшень схемо-технічних рішень для системи контролю та регулювання якості повітря в команді з розробником.

1.1 Про систему

Що таке взагалі система контролю та регулювання якості повітря — це система, що являє собою комплекс додаткових девайсів, датчиків та інших елементів котрі приєднуються до вже існуючих вентиляційних систем, тим самим, збільшуючи їх функціонал та потенціал. Якщо розглянути конструкцію більш детально, то це система в основі якої знаходиться контролер, що виконує аналіз повітря з допомогою 2-х датчиків котрі знаходяться ззовні та всередині приміщення, порівнює з заданими користувачем та за необхідності, подає підготовлене повітря з підключених до вентиляції резервуарів, тим самим вирівнює рівень показників якості повітря. До інших додаткових елементів, відносяться помпа/компресор, що закачує повітря до резервуарів, при задовільному рівні якості його ззовні, а за погіршення повітря в приміщенні подає до системи вентиляції; редуктор, який під'єднується до балонів, для можливості контролю тиску в них. В окремих випадках, може бути зібрана, як окрема, незалежна система.

Система контролю та регулювання якості повітря призначена для всіх хто хоче поліпшити якість повітря, скрізь де проводять найбільше часу або просто дихати чистим повітрям.

Одними з головних переваг даної системи є можливість утримання якості повітря в діапазоні заданому користувачем, виконуючи аналіз за допомоги датчиків.

Можна відмітити декілька ознак, що вказують на незадовільний стан повітря навколишнього середовища:

- головокружіння;
- починає нудити;
- пригнічення;

					РПЗ1.421453.001 ПЗ	Лис
						6
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

— слабкість.

Якщо, наприклад, пригнічення не має значного впливу на ту чи іншу діяльність людини, то головокружіння може зіграти фатальну роль, як от під час керування автомобілем.

1.2 Аналіз аналогів на ринку

У даному підрозділі буде розглянуто деякі аналоги систем, що можуть бути схожі на нашу розробку. Порівняємо їх функціонал, ціну та конкурентну здатність.

1.2.1 Станція моніторингу якості повітря SaveEcoSensor 3.0

Станція моніторингу якості повітря SaveEcoSensor 3.0 [1] (рис.1.1) дозволяє вимірювати вміст пилу фракцій 2.5 та 10 мікронів у повітрі (PM2.5 і PM10). Інтегрований сенсор температури-вологості-тиску дозволяє автоматично коригувати отриману інформацію у залежності від погодних умов, а модуль підігріву мінімізує вплив під час туману, опадів та при від'ємних температурах. Вбудований перетворювач живлення та апаратний сторожовий таймер (Watchdog) значно підвищують надійність пристрою.



Рисунок 1.1 — Станція моніторингу якості повітря
SaveEcoSensor 3.0 [1]

Недоліки:

— відсутній дисплей.

Превага:

— КОМПАКТНІСТЬ;

— ВИСОКА ЧУТТЄВІСТЬ

					РПЗ1.421453.001 ПЗ	Лис
						7
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

— широкий аналіз

1.2.2 Рекуператор ASPIRA ECOCOMFORT 2.0 SMART

Рекуператор ASPIRA ECOCOMFORT 2.0 SMART [2] — це інтелектуальна вентиляційна установка, що втілює новаторський підхід до управління екологічним комфортом.

Завдяки безперервному моніторингу параметрів (таких як температура, вологість, якість повітря та леткі органічні сполуки (VOC)) та обробці даних «штучного інтелекту» ця система аналізує всю корисну інформацію для оптимізації роботи системи вентиляції, чекаючи або затримуючи активацію відповідно до поведінки користувача в приміщенні. Просунута геолокація з метою забезпечення найкращого гігromетричного благополуччя та якості повітря за мінімально можливого споживання.

Ціна: 25.999 грн



Рисунок 1.2—Рекуператор ASPIRA ECOCOMFORT 2.0 SMART

Недоліки:

- присутній лише аналіз приточного повітря;
- висока ціна.

Переваги:

- можливість дистанційного управління;
- відносно великий функціонал прибору;
- широкий аналіз;
- автоматичне регулювання системи, від отриманих даних;

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						8
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Після проведеного аналізу доступних на ринку систем девайсів, з подібним функціоналом, стає зрозуміло, що на сьогодні в доступності немає можливих до конкуренції систем.

1.3 Огляд можливих технічних рішень

З огляду на оригінальну розробку, всього буде представлено три можливих технічних рішень розміщення:

- в приміщенні;
- в транспорті;
- назовні.

Розглянемо кожний з цих варіантів більш детально.

1.3.1 В приміщенні

Спосіб встановлення системи в приміщенні (рис.1.3) реалізовується шляхом додавання до існуючої вентиляційної системи контролера, датчиків, балонів або расиверів, редукторів та помп.

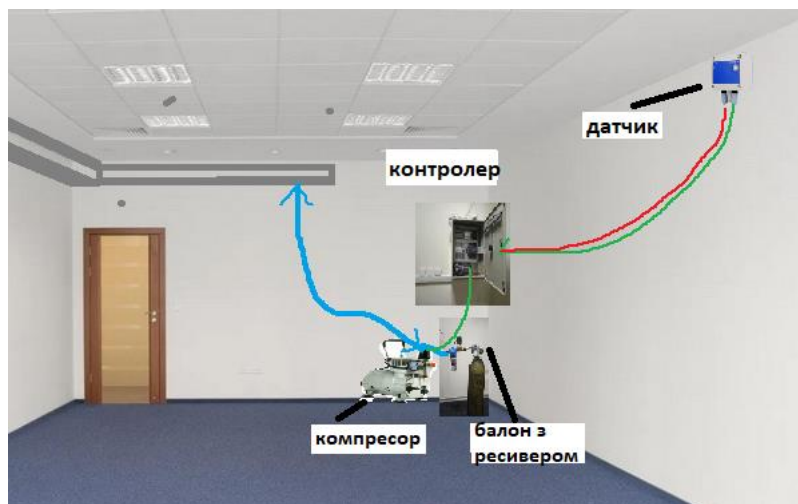


Рисунок 1.3 — Схематичне розташування системи

Спектр приміщень в яких можна реалізувати даний проєкт починається з звичайних цивільних будівель, де дана розробка використовується для поліпшення умов перебування, а закінчується бомбосховищами, де головною ціллю є підтримання допустимого рівня якості повітря для життя на певний період часу. В обох випадках використовується контролер, що буде корегувати фун-

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						9
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

кції системи, ємкості (балони чи ресивери) для збереження або спеціально підготовленого повітря, або закачаного ззовні повітря допустимої якості. Також присутні датчики, що розташовані в приміщенні та назовні, для отримання інформації про стан повітря.

1.3.2 В транспорті

Під час монтування системи до транспорту також використовуються контролер, датчики, помпи та балони. В цьому випадку, під час установки, потрібно враховувати обмеженість в просторі та кількість місць встановлення компонентів в ньому.

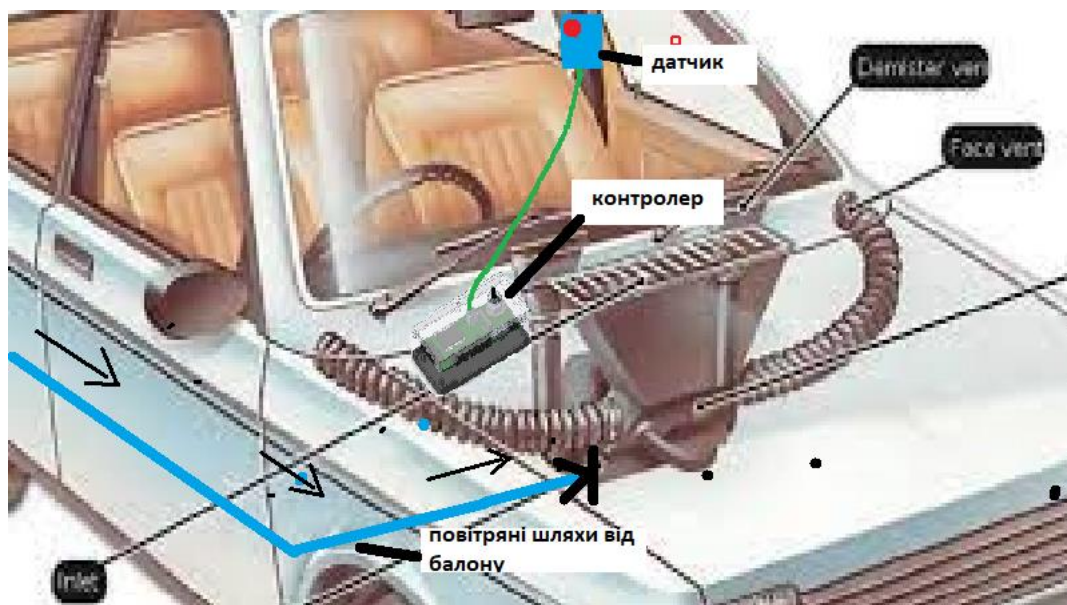


Рисунок 1.4 — Схематичний вигляд системи в автомобілі

Плюсом в цій ситуації виступає те, що розроблювана системи, без проблем може бути підключена до системи вентиляції транспорту.

1.3.3 Назовні

Для використання назовні варіантом розміщення системи є спеціальний портфель, що має обмежену ємність, тому найкращим варіантом в цьому випадку буде обмежитись балоном, контролером, датчиком, редуктором, кисневою маскою або «купол» виготовлений з поліетилену та в даному випадку потрібно використовувати акумулятор.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РП31.421453.001 ПЗ

Лис
10

До недоліків в такому випадку можна віднести, відсутність підкачки якісного повітря ззовні під час використання, тим самим зменшується можливий час безперервного використання.

1.4 Аналіз технічного завдання

В дипломному проєкті описано розробку контролера на базі мікросхеми STM32F401CCU6, який собою являє покращення системи. Головними параметрами розроблюваного девайсу є робоча напруга 5В, здатність працювати за різних умов, виконувати контроль TVOC (загальна кількість летких сполук) в повітрі та відповідно до отриманих даних регулювати роботу цілої системи.

Конструкція пристрою має бути компактною, габарити до 20 см².

Технічне завдання до розробки поліпшень системи наведено в додатку А.

					<i>РП31.421453.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
						<i>11</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

Виконавши аналіз доступних на ринку аналогів з подібним функціоналом, на основі їх недоліків та переваг було виділено певні можливі удосконалення для власної системи.

Першим кроком розроблюємо структурну схему системи та схему електрично принципову приладу та розглянемо принцип роботи, з чого вона складається.

2.1 Структурна схема

Оцінивши потреби та визначивши функціонал системи контролю та регулювання якості повітря, потрібно створити структурну схему її роботопридатності (рис.2.1).

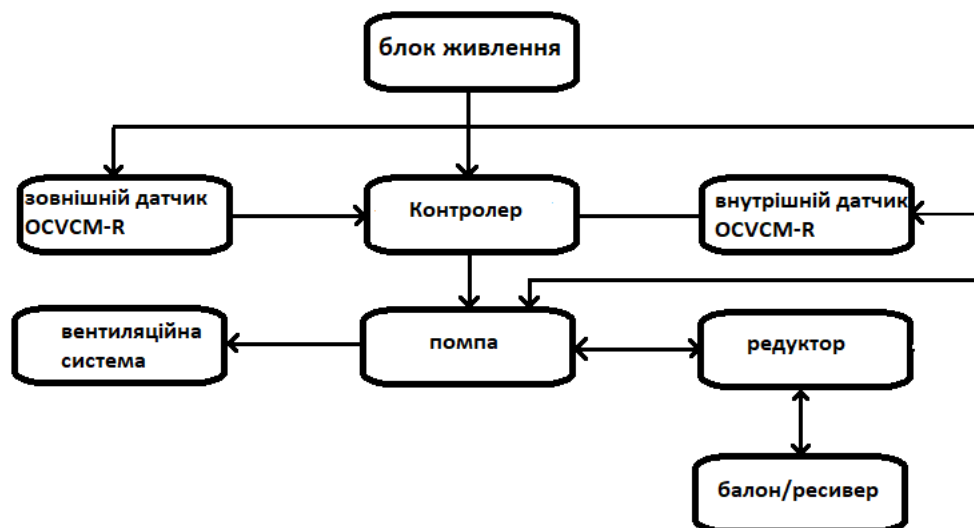


Рисунок 2.1 — Структурна схема

Контролер живиться від блока живлення на 5В. Для виконання потрібного об'єму завдань було обрано мікроконтролер SMT32F401CCU6. Який можна запрограмувати використовуючи ISP-програматор.

Кисневі балони або ресивери, що можуть використовуватись в системі, обираються за параметрами необхідна ємкість та кількість вільного місця, використовуються для збереження повітря допустимої якості.

Для оцінки якості повітря в приміщенні та ззовні використовуються багатифункціональні датчики OCVCM-R, інформацію з яких оброблює мікроконтролер та, за необхідності, випускає підготовлене повітря до системи або поповнює його запаси завдяки pompі. Впуск повітря до вентиляційної системи, відбувається при отриманні з датчиків інформації про підвищення рівня шкідливих домішок в повітрі, вище допустимого рівня. Наповнення повітрям резервуарів відбувається лише в тому випадку, коли з обидвох датчиків отримана інформація про вирівнювання якості повітря до заданої норми.

2.2 Схема електрична принципова

Електрична принципова схема призначена для повного відображення взаємозв'язків пристрої, враховуючи їх принцип дії. Схема до контролера даної системи представлена на рисунку 2.2.

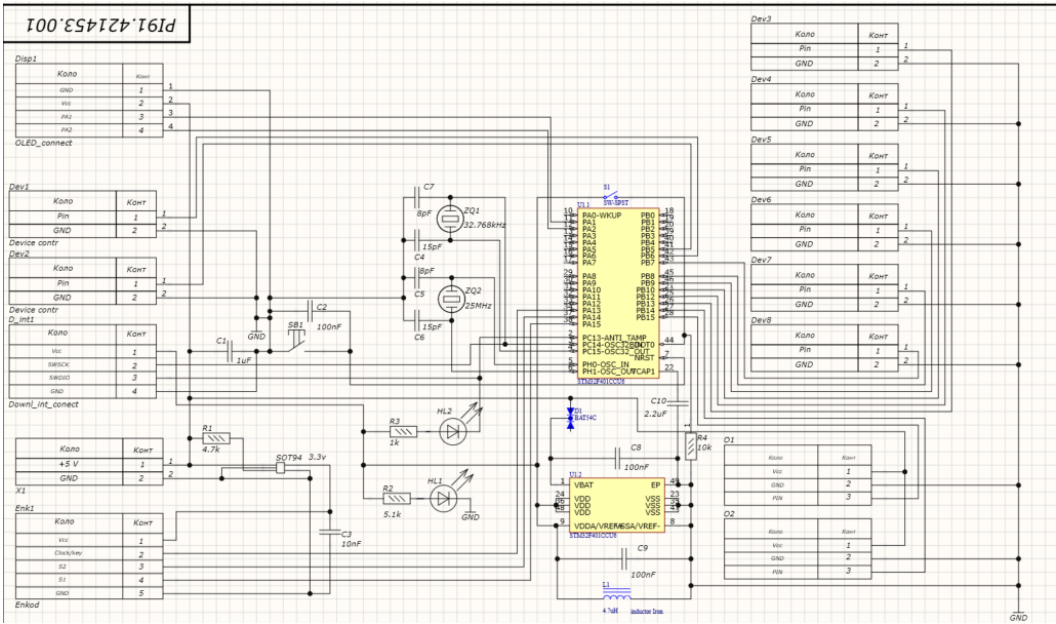


Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова

На електрично принциповій схемі видно, що плата керується мікроконтролером — STM32F401CCU6. Суть його роботи полягає в проведенні аналізу отриманої інформації з датчиків, порівнянню отриманих даних з заданими та посиланню інформації на відповідні виходи, для контролю тих чи інших компонентів системи, для підтримання відповідних норм якості повітря.

У випадку коли датчики показують, що рівень повітря ззовні недопустимий, контролер посилає сигнал на помпу, починає порційно випустати повітря з резервуарів, для вирівнювання показників до норми.

При допустимій якості повітря контролер, перевіряє рівень повітря в резервуарах, за необхідності вмикає помпу та доповнює їх.

Для роботи пристрою необхідно під'єднати блок живлення на 5В 1А. Для того, щоб запрограмувати мікроконтролер спеціально присутній роз'єм(D_int1) до якого можна під'єднати ISP-програматор(2mm 4pins).

Для виводу інформації використовується LCD-дисплей (Disp1 розширенням 128x64). Напруга живлення 5В. На нього виводяться введені користувачем дані, інформація про стан повітря: вологість, температура, насиченість CO₂, час та дата.

У роз'єм X1 підключається зовнішній блок живлення на 5 В для за живлення подальшої схеми.

Навантаження з роз'єму X1 далі понижується до 3.3В за допомогою регулятора напруги AP2112K-3.3TRG1, який є інтегральним DC-DC перетворювачем, котрий перетворює постійний струм з одного рівня напруги в інший. Для більш стабільної подачі на нього струму, на початку кола втикається паралельно конденсатор C3(який вирівнює напругу з конвертора).

Котушка індуктивності L1 та конденсатор C9 виконують роль фільтра, та вирівнювача напруги підключеної до мікроконтролера STM32F401CCU6

Далі кожен представлений на схемі конденсатор від C1 до C9 виконують роль вирівнювачів напруги/сигналу.

DEV1-DEV8 — 2х-контактні роз'єми, що будуть використані для підключення елементів системи(обігрівачів, вентиляторів, зовнішніх реле і т.д.).

O1-O2—3х-контактні роз'єми, для підключення датчиків рівня кисню.

Роз'єм D_int використовується для підключення програматора безпосередньо до мікроконтролера.

Enk1 — інкрементний енкодер, що використовується для навігації в меню, котре буде відображене на Disp1 (LCD-display), який порівняно з іншими елементами схема має живлення 5В.

					РПЗ1.421453.001 ПЗ	Лис
						14
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Кнопка SB1, що підключена до виходу NRST мікроконтролера, виконує скидання до налаштувань за умовчанням.

Світлодіод HL2 виконує датчика працездатності мікроконтролера, а HL1 — скидання налаштувань. На схемі перед ними встановлені резистори R3 та R2 відповідно, які понижують напругу до робочого рівня світлодіодів.

Також на схемі присутній свіч S1 який використано з ціллю роз'єднання або з'єднання кола подачі живлення на мікроконтролер для його запуску або виключення.

Два кварцеві резонатори ZQ1-ZQ2, які доєднані до контактів мікроконтролера PC13-14 та PH0-1 використовуються для збільшення добротності сигналів(стабілізацію частоти коливань сигналів).

Регулювання роботи системи відбувається після аналізу отриманої інформації з датчиків мікроконтролером. Внутрішній датчик має бути встановлений в центральній частині приміщення. Зовнішній — на зовнішні стіні будівлі, біля притоку вентиляційної системи, для більш якісного визначення стану повітря, що буде надходити.

Для вмикання/вимикання пристрою присутня кнопка (S1).

					РПЗ1.421453.001 ПЗ	Лис
						15
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

3.1 Вибір елементної бази

Вибір елементної бази для проєктування системи контролю та регулювання якості повітря відбувається, враховуючи наступні фактори:

- забезпечення роботи пристрою в даних умовах;
- доступність та можливість розповсюдження;
- простота експлуатації та налагодження;
- висока надійність.

Для створення даної системи необхідні такі компоненти: контролер, датчики якості повітря, резервуари для повітря та редуктор для контролю тиску в них, помпа для підтримання рівня повітря в резервуарах та подачі його в систему, а також додатково фільтр твердих частинок, що встановлюється на вході в вентиляційну систему, але не є об'єктом дослідження.

3.1.1 Мікроконтролер

В пристрої мікроконтролер виконує головну роль — керує безпосередньо усіма процесами. Наразі є досить великий вибір мікроконтролерів, що відрізняються за своїм функціоналом, надійністю та ціною, бітністю (4/8/16-бітні). Для цієї системи було обрано мікроконтролер STM32F401CCU6 [3] (рис.3.1), з оглядом на присутній об'єм завдань, доступністю та можливістю поліпшення пристрою в майбутньому.

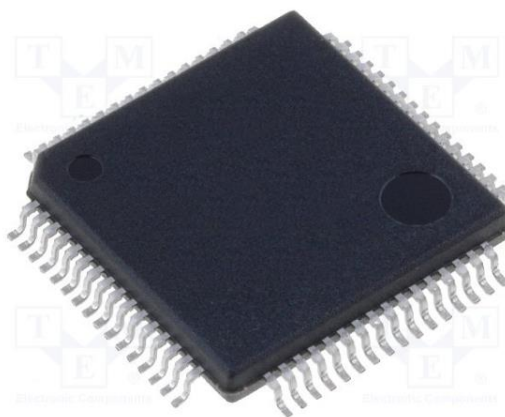


Рисунок 3.1 — Мікроконтролер STM32F401CCU6 [3]

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		16

Даний мікроконтролер поєднує в собі компактність, високий функціонал, за відносно не високу ціну. Завдяки таким характеристикам, мікроконтролери можуть бути використані як під час аматорських проєктів, так і в промисловому виробництві.

Параметри мікроконтролера:

- робоча напруга: 1,7-3,6 В.
- робоча температура: -40°C – 85°C
- розрядність: 32-bit
- тактова частота: 84 МГц

3.1.2 Дисплей

З метою економії місця але при цьому збереженням здатності чітко розуміти весь об'єм виведеної інформації було обрано OLED-дисплей модуль 128X64 SSD1306 I2C [4] (рис.3.2) .



Рисунок 3.2 — Обраний дисплей [4]

Параметри дисплею:

- робоча напруга 3,3-5 В.
- роздільна здатність: 128x64
- робоча температура: -30°C – 80°C

3.1.3 Резистори та регулятор напруги

Загалом всі резистори можна розрізнити за такими параметрами: тип монтажу, тип корпусу, опір. В нашій платі використовуються резистори 0,25 Вт, RC1206JR Hitana [5] (рис.3.3).

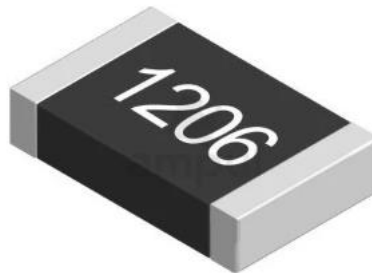


Рисунок 3.3 — Резистор RC1206JR Hitana [5]

В схемі використано регулятор напруги AP2112 [6] (рис.3.4) для пониження вхідної напруги 5В до 3,3В для коректного функціонування компонентів пристрою (наприклад: мікроконтролер).



Рисунок 3.4 — Регулятор напруги AP2112 [6]

3.1.4 Конденсатори

Для виготовлення плати використаємо керамічні конденсатори поверхневого монтажу. Керамічні конденсатори 1206 [7] (рис.3.5), ємністю: 2 шт — 8 пФ, 2 шт — 15 пФ, 3 шт — 100 нФ, а також ємністю 2,2 мкФ, 10 нФ та 1 мкФ.

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		18



Рисунок 3.5 — Конденсатор SMD1206 [7]

3.1.5 Світлодіоди

Під час розробки обрано 2 світлодіоди SMD1206 [8] (рис.3.6) поверхневого типу монтажу, червоного та зеленого кольорів, для індикації процесів пристрою.



Рисунок 3.6 — Світлодіод SMD1206 [8]

З параметрами:

- діапазон робочих температур: $-30^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$;
- робочий струм: 20 мА;
- робоча напруга: 2,2 – 3,7В.

3.1.6 Кварцові резонатори

Дані елементи грають роль надійних якісних джерел гармонійних коливань. Це необхідно для мікроконтролера, який зможе спертися на еталонну частоту для подальшої роботи.

При розробці використано кварцові резонатори поверхневого монтажу: КХ-327LT 32,7680 кГц [9] (рис.3.7) та КХ-К 25 МГц [10] (рис.3.8).

Дані резонатори недорогі і невеликі (7,0x1,5x1,4mm, 5x4,2 відповідно)

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		19



Рисунок 3.7 — Кварцовий резонатор 32,7680 кГц [9]



Рисунок 3.8 — Кварцовий резонатор 25 МГц [10]

3.1.7 Енкодер та кнопка

В даному пристрої, використано енкодер ЕС11 [11] (рис.3.9) з кнопкою, що використовується для введення інформації користувачем.

Габарити: 11,7х15х21,5 мм

Кількість положень: 20

Тип монтажу: ТНТ



Рисунок 3.9 — Енкодер ЕС11 [11]

Під час виготовлення пристрою, також передбачено можливість механічного перезапуску. За це відповідає кнопка з поверхневим монтажем TL3750

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						20
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

[12] з досить великим робочим ресурсом струмом до 50 мА, 12 В напруги, з робочим діапазоном температур від -40°C до 90°C

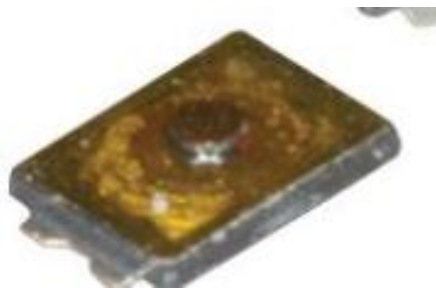


Рисунок 3.10 — Кнопка TL3750 [12]

Далі перейдемо до вибору конструктивних елементів.

3.2 Вибір конструктивних елементів

3.2.1 Вибір ємкості

В якості ємкості для збереження підготовленого повітря, можна використати або газові балони, або газові ресивери. Вибір залежить від кількості вільного місця виділеного під встановлення резервуарів. Але оптимальним варіантом було обрано кисневий балон [13] (рис.3.11) та редуктор [14] (рис.3.12).



Рисунок 3.11 — Кисневий балон [13]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РП31.421453.001 ПЗ

Лис
21



Рисунок 3.12 — Редуктор до кисневого балону [14]

Параметри редуктора:

- пропускна здатність редуктора: 50 л/г;
- макс. тиск на вході: 20 МПа;
- макс. робочий тиск: 1,25 МПа.

3.2.2 Вибір газової помпи/компресора

Головна роль помпи полягає в тому, щоб регулювати рівень наповнення ємкостей підготовленим повітрям, а саме наповнення їх або подача повітря до системи вентиляції. Для виконання цих задач було обрано компресор MAC-20 [15] (рис.3.13) (Mini Air Compressor – 220V).



Рисунок 3.13 — Компресор MAC-20.[15]

Напруга живлення: 220 В.

Робочий тиск: 3 – 6 бар.

Пропускна здатність: 20 – 25 л/хв.

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		22

3.2.3 Вибір датчику

Для відслідковування стану насичення повітря шкідливими речовинами, обрано датчик OCVCM-R (рис.3.14) типу TVOC [16], що вимірює загальну кількість шкідливих речовин в повітрі.



Рисунок 3.14 — Датчик якості повітря OCVCM-R [17]

Параметри датчика:

- діапазон вимірювання: 0-100% (брудне повітря – чисте повітря, відповідно);
- тип підключення: роз'єм RJ-45;
- напруга живлення: 24 В.

До нього також було обрано блок живлення [18] на 24В (рис.3.15).



Рисунок 3.15 — Блок живлення OV-R24-2A. [18]

Параметри блоку живлення датчика:

- напруга на вході: 220 – 250 В.
- напруга на виході: 24 В.
- струм: 2 А.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РП31.421453.001 ПЗ

Лис
23

3.2.4 Блок живлення контролера

Для плати пристрою було обрано блок живлення NFM-05-05 MeanWell [19] (AC-DC) 5В 1А (рис.3.16). Якщо розглядати асортимент доступних, то даний екземпляр є одним з не дорогих і досить не поганої якості, також має не великі габарити (5,8 x 4,9 x 1,91 см).



Рисунок 3.16 — Блок живлення контролера [19]

Параметри блоку живлення контролера:

- ККД: 71%;
- робоча температура: -20°C . – 70°C .

Тепер можна переходити до розробки друкованої плати та проектування самого виробу.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РП31.421453.001 ПЗ

Лис
24

4 ПРОЄКТУВАННЯ ПРИЛАДУ

Даний прилад призначений для визначення характеристик повітря та їх регулювання. Встановлюється стаціонарно в приміщенні.

Виходячи з цього умови експлуатації такі:

У4.2 — для макрокліматичних районів з помірним кліматом (У), для експлуатації в приміщеннях зі штучно регульованими кліматичними умовами (4), для експлуатації в лабораторних, капітальних житлових і інших подібних приміщеннях (2) з такими умовами:

- робочі температури, $+10 \dots +35 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- граничні температури, $+1 \dots +40 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- верхнє значення відносної вологості, 80 % при $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

С1 — стаціонарна, встановлюється в опалюваних наземних і підземних спорудах з такими умовами:

- синусоїдальна вібрація (діапазон частот, 10...70 Гц, амплітуда прискорення $19,6 \text{ м/с}^2$ або 2 g, тривалість впливу 90 хв);

4.1.1 Обґрунтування методу виготовлення та вибору матеріалу плати

З огляду на елементну базу обираємо тип ДП (рис.4.1):

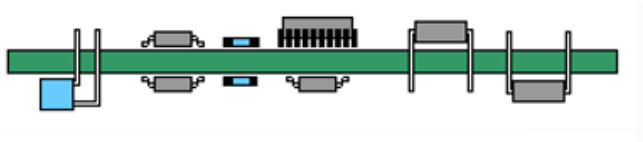


Рисунок 4.1 — Тип ДП

Оскільки схема, має велику кількість елементів, як поверхневого монтажу, так і вивідні, то дана плата орієнтовно матиме тип ДДП, двосторонній монтаж та два шари металізації, тож її доцільно виготовляти комбінованим позитивним методом, тобто буде застосовано фольговані діелектрики, але з меншою товщиною фольги.

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						25
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Двосторонні друковані плати (ДДП) мають провідний малюнок на обох сторонах діелектричного або металевого підстави і забезпечують високу щільність установки компонентів і трасування. Переходи провідників із шару в шар здійснюються через металізовані перехідні отвори. Плати допускають як монтаж компонентів на поверхні, у тому числі з двох сторін, так і монтаж компонентів з осьовими і штирові висновками в металізовані отвори. ДДП є найпоширенішою різновидом ПП в виробництві модулів РЕА, використовуються у вимірювальній техніці, системах управління та автоматичного регулювання. Матеріалом плати обрано фольгований склотекстоліт FR-4 70/70 1,5. Склотекстоліт має високу механічну міцність, термостійкість, низькі втрати, високий поверхневий опір.

4.1.2 Обґрунтування вибору припою та вибір класу точності плати

З огляду на умови експлуатації, технічні характеристики, та можливих навантажень, як механічних так і електричних, для монтажу на плату елементів обрано Припій SAC 305 ISO 9452:2014 та Паяльна паста SPU-97/3.

4.1.3 Клас точності плати

Оскільки плата має як штирьові так і планарні виводи, а також високе навантаження ДП елементами, доцільно обрати 3 клас точності.

4.2 Розрахунок елементів друкованої плати

4.2.1 Визначення габаритів ДП та параметрів монтажу

Для визначення площі плати було проведено розрахунки за формулою:

$$S_{\text{дп}} = 1 \sum S_{\text{мг}} + 1,5 \sum S_{\text{сг}} + 2 \sum S_{\text{вг}} + \sum S_{\text{к}},$$

де $S_{\text{дп}}$ – площа плати;

$S_{\text{мг}}$ – площа малогабаритних елементів;

$S_{\text{сг}}$ – площа середньогабаритних елементів;

$S_{\text{вг}}$ – площа великогабаритних елементів;

$S_{\text{к}}$ – площа зони кріплення.

Розрахунок виконаний в програмному середовищі MathCad.

Отриманий результат (оптимальна площа): 16,96 см²

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						26
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Обрані габаритні розміри плати: 106 x 16 (мм)

4.2.2 Розрахунок розмірів монтажних отворів та контактних майданчиків

$$P_{\text{км}} = P_{\text{в}} + 0,3 ,$$

де $P_{\text{км}}$ — розміри контактних майданчиків;

$P_{\text{в}}$ — розміри виводів.

Діаметри отворів для вивідних елементів:

$$P_{\text{о}} = P_{\text{в}} + 0,2 ,$$

де $P_{\text{о}}$ — розміри отворів вивідних елементів.

Розміри контактних майданчиків для вивідних елементів:

$$P_{\text{км}} = P_{\text{о}} + 2/3P_{\text{о}}$$

Результати розрахунків зведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 — Розміри контактних майданчиків для вивідних елементів.

Назва елемента	$P_{\text{в}}$	$P_{\text{о}}$	$P_{\text{км}}$
Enkod	1	1,2	2
OLED	1	1,2	2
O2_con(1-2)	1,2	1,4	2,4
Dev_con(1-2)	1,2	1,4	2,4
PowerSupply	0,7	0,9	1,5

4.2.3 Розрахунок провідників

Для розрахунку товщини провідників буде використані формули формула:

$$t_{\text{min}}Ds + |\Delta t_s|,$$

де t_{min} — мінімальна допустима ширина лінії;

Δt_s — допуск на ширину провідника (табл. 4.2).

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						27
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 — Значення допусків на ширину провідників за типом ліній

	Сигнальні	Силові
Δt_s	-0.1мм	-0.05мм

Товщина провідників розраховується з урахуванням похибки за класом 2 точності оскільки даний пристрій має виконувати чіткі розрахунки та знаходитись під постійним навантаженням:

Провідники мають питомий опір: $0,0175 \frac{\Omega \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ (фольга).

Товщина провідника: $70 \cdot 10^{-3} \text{мм}$

Прикладена напруга та струм:

- для сигнальних ліній 3,3В, струм 0,025А
- для силових 5В, струм 1А

Результати розрахунків зведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.3 — Значення мінімальної та максимальної ширини провідника.

Тип ліній	$t_{\min}$	$t_{\max}$
Сигнальні	0,3мм	0,6мм
Силові	0,3мм	0,6мм

Далі перейдемо до трасування провідників.

4.3 Робота в програмному забезпеченні Altium Designer

4.3.1 Трасування провідників

Розрахувавши всі параметри плати, монтажу елементів, ширину провідників та розробивши ДП в редакторі РСВ, наступним кроком виконуємо трасування провідників (рис.4.2 – 4.3), також виконавши заливку плати полігоном з обох сторін (ланцюг GND).

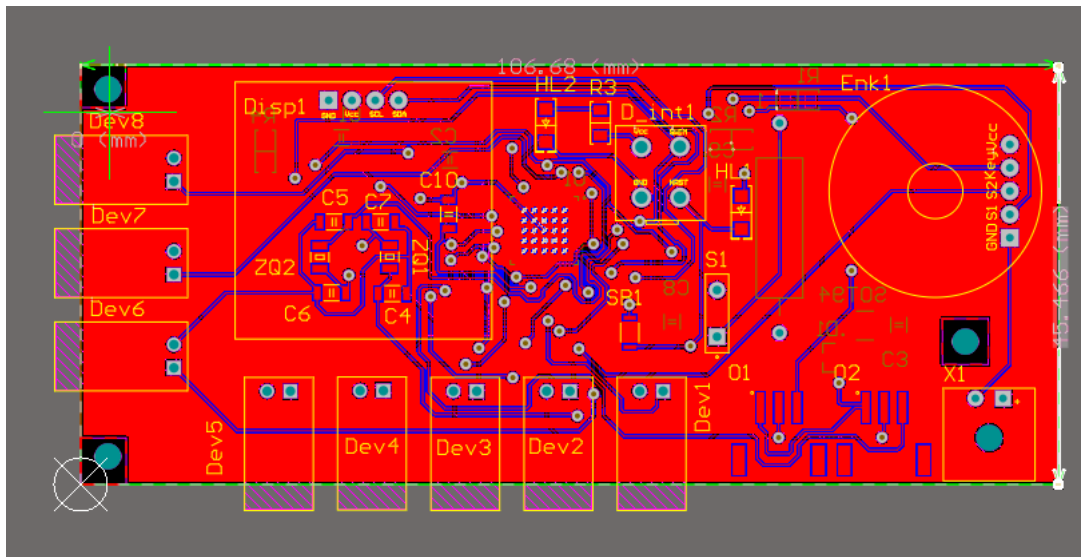


Рисунок 4.2— Верхній шар трасування

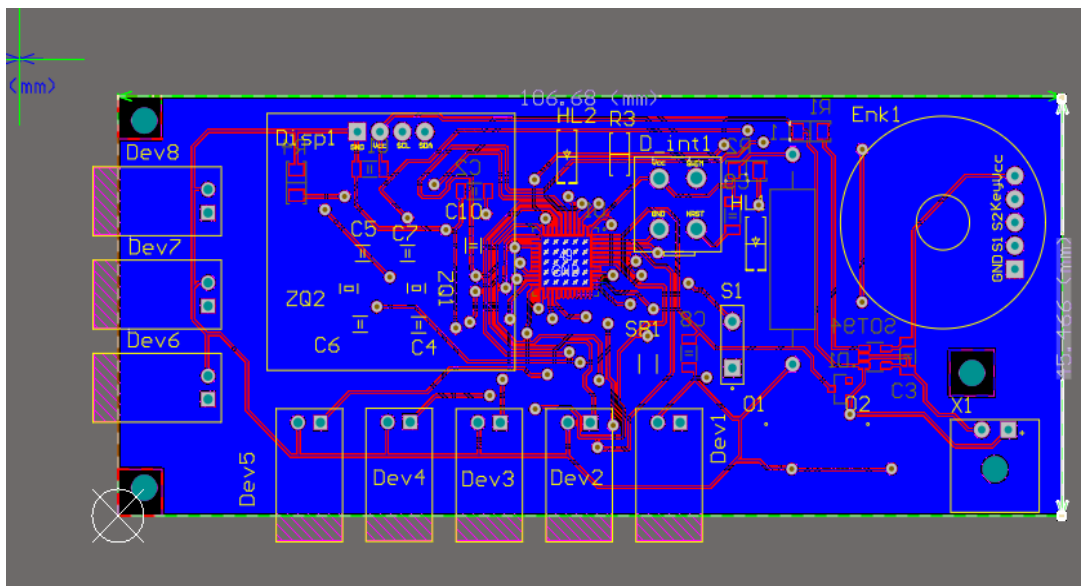


Рисунок 4.3 — Нижній шар трасування

Оскільки вже було визначено такі характеристики плати, як: клас точності, матеріал та метод виготовлення плати, припой, а також виконавши розрахунки щодо монтажу компонентів, переходимо до проєктування корпусу.

4.4 Конструкція

Моделювання корпусу контролера системи контролю та регулювання якості повітря виконується в програмному забезпеченні SolidWorks 2020. В корпусі буде розташована плата пристрою. Для полегшення виготовлення корпус контролера буде виготовлений 3Д друком та складатися з 2 частин (рис.4.4):

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		29

- нижня кришка виконана з пластику ABS.
- верхня частина — з акрилу, та буде прозора, що дасть можливість контролювати механічний стан плати та інформацію на дисплеї.

Такий варіант збільшить його загальну міцність.

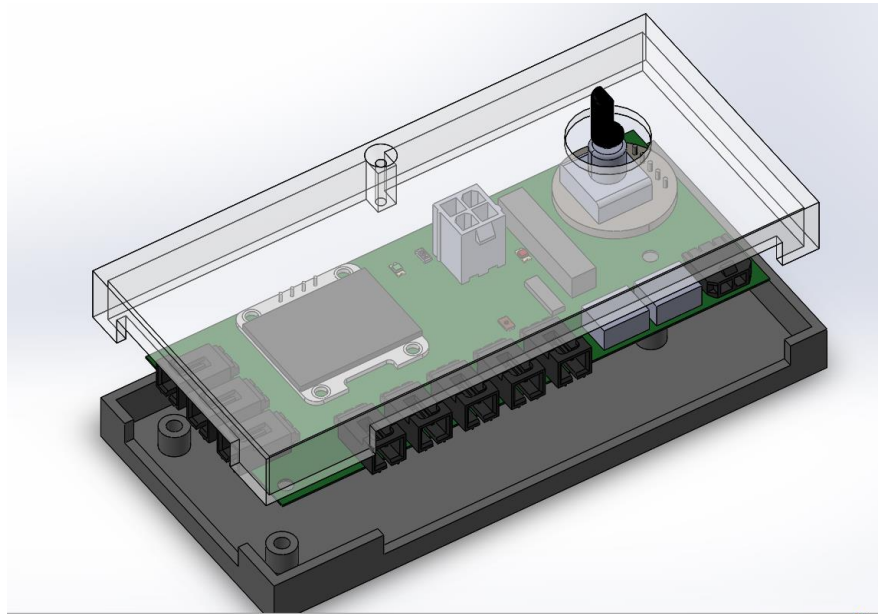


Рисунок 4.4 — Корпус контролера з платою



Рисунок 4.5 — Встановлення резервуару до автомобілю

Під час встановлення системи до транспорту, важливо враховувати, що буде присутні вібрації та механічний вплив на резервуар, тому для запобігання аварійних ситуацій, потрібно обрати місце, що має цей вплив найменше. Для цього найбільше підходить ніша запасного колеса. Дане розположення вже протестовано, та широко використовується для встановлення газових балонів, при додаванні до системи палива автомобіля, газо-балонної системи.

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		30



Рисунок 4.6 — варіант встановлення розробленого контролера в приміщенні

В приміщенні, контролер буде доцільно розташувати на стіні в додатково підготовлений металевий корпус, в якому також будуть встановлені блоки живлення.



Рисунок 4.7 — балон встановлений в приміщенні

На рисунку 4.7 представлено найпростіший варіант зберігання підготованого повітря, який використовується в приміщенні. А саме балон з редуктором, що передає значення тиску на контролер.

					РПЗ1.421453.001 ПЗ	Лис
						31
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРАХУНКИ НАДІЙНОСТІ ТА РАДІАТОРА

5.1 Розрахунок надійності

Для дослідження показника надійності виконаємо розрахунок часу напруцювання на відмову. Розрахунок буде проводитися за законом експоненційного розподілу. Для цього потрібно розрахувати інтенсивності відмов кожного елементу окремо.

Для того щоб змодельювати більш критичні ситуації використання пристрою будемо вважати, що робоча температура становить 40°C. Пристрій застосовується у побутових умовах, отже коефіцієнт експлуатації буде становити $K_e = 2$, так як у нас стаціонарний пристрій, а коефіцієнт температури становитиме $K_t = 4,4$ за умовою, що робочий час буде становити 100% при 40°C.

Розрахунок інтенсивності відмов буде проводитися коефіцієнтами для кожної групи елементів за допомогою формули:

$$\lambda_p = \lambda_0 \cdot K_1 \cdot K_e \cdot K_t \cdot N,$$

де λ_0 — середньо статистична інтенсивність відмов певного типу елементів;

N — кількість однотипних елементів;

K_1 — поправний коефіцієнт, що враховує електричне і теплове навантаження групи елементів;

K_e — коефіцієнт експлуатації;

K_t — коефіцієнт температури, як функція температури зовнішнього середовища і відсоткова робочого часу.

Тепер занесемо до таблиці 5.1 розраховані ймовірності відмов елементів пристрою.

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						32
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 — Розраховані ймовірності відмов компонентів пристрою

Тип та назва елемента	$\lambda_0 \cdot 10^6, \frac{1}{год}$	$N, шт.$	K_1	K_H	$\lambda_p \cdot 10^6, \frac{1}{год}$
Котушка індуктивності	3	1	0,2	0,4	2,1
ЧП-конденсатор	0,06	10	0,6	0,6	2,21
ЧП-резистор	0,06	4	0,3	0,5	0,36
Мікросхема напівпровідникова	2	1	1	0,7	12,3
Роз'єми	1	12	0,4	0,5	21,1
Діод	0,6	2	1	0,6	6,3
Резонатори	0,05	2	1	0,5	0,44

Розрахуємо сумарну ймовірність відмов всього пристрою розраховується за формулою:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

Отримаємо значення $6,4 \times 10^{-6}$ (1/год). Для визначення часу тепер скористаємося формулою експоненційного розподілу

$$T_{сер} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}}.$$

В результаті отримаємо 15600 годин, що задовольняє вимоги технічного завдання, у якому слід виготовити пристрій який пропрацює що найменше 5000 годин.

5.2 Розрахунок радіатора

Так як у схемі присутній елемент на якому сконцентрована все операційна робота, а саме мікроконтролер STM32F401CCU6, який на схемі електричній принциповій має позначення STM32F401CCU6, отже можемо припустити, що найбільший нагрів буде відбуватися на ньому, тож слід виконати розрахунки радіатора який зможе розсіювати критичну потужність для продовження його роботи.

Для цього нам спочатку потрібно розрахувати максимальну розсіювану потужність у порівнянні із середнім значенням струму у відкритому стоці. Так

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						33
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

як струм який буде проходити крізь мікроконтролер буде залежати від кінцевого пристрою із потужністю приблизно 37Вт а живитись від 3,3 В, то

$$I = \frac{P}{V} = \frac{37}{3,3} \approx 0,2 \text{ A}$$

Таким чином знаючи протікаючий струм можемо звернутися до документу та в'яснити на котру потужність потрібно зробити радіатор

Figure 1. Maximum power dissipation versus RMS on-state current (full cycle)

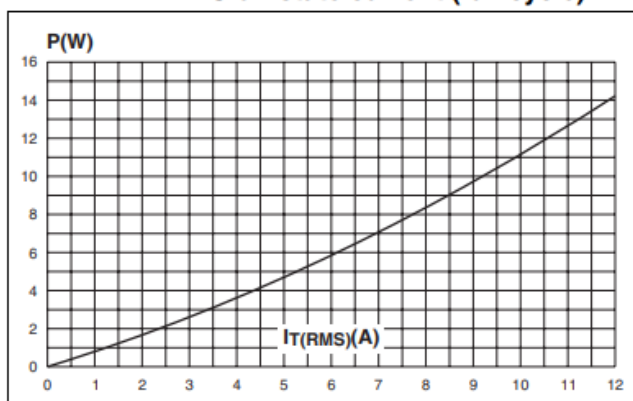


Рисунок 5.1 — Графік максимальної розсіюваної потужності радіатора

З графіку видно, що при 0,2 А потужність буде становити 0,4 Вт.

Звертаючись до джерела , можемо одразу звернутися до формули яка описує загальну кількість теплоти, що передається з одного середовища в інше через радіатор.

$$P = P_r + P_p = \alpha_r v_1 S_r + \alpha_p v_1 S_p E,$$

де P_r — тепловий потік, що передається гладкою поверхнею радіатора;

P_p — тепловий потік, що передається ребрами радіатора;

α_r — коефіцієнт тепловіддачі гладкої поверхні радіатора;

α_p — коефіцієнт тепловіддачі гладкої поверхні радіатора;

v_1 — коефіцієнт кінематичної в'язкості;

S_r — площа гладкої поверхні радіатора;

S_p — площа ребр радіатора;

E — ефективність ребра:

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РП31.421453.001 ПЗ

Лис
34

$$E = \frac{th(\frac{l}{\delta} \sqrt{2Bi})}{\frac{l}{\delta} \sqrt{2Bi}}$$

де Bi — число Біо,

δ — товщина ребра,

l — довжина ребра.

Виходячи з цих рівнянь можна перейти до загальної формули для пошуку теплового потоку, що передається радіатором у навколишнє середовище, що має вигляд

$$P = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1 S_1} + \frac{\delta}{\lambda S_1} + \frac{1}{\alpha_n S_{cp}}}$$

де t_1 — температура середовища, що з якого буде відбуватися відведення тепла;

t_2 — Температура середовища в яке буде відводиться тепло через радіатор;

α_1 — коефіцієнт тепловіддачі стінки радіатора, до якого буде кріпитися елемент що нагрівається;

λ — теплопровідність теплоносія;

S_1 — площа задньої стінки;

α_n — наведений коефіцієнт тепловіддачі стінки ребр, котра враховує тепловіддачу поверхні ребра, гладкої поверхні і ефективності роботи ребра;

S_{cp} — сума площини ребр.

Матеріал з якого буде виготовлятися радіатор — алюміній. Так як він є цілком доступним та легкий у опрацюванні. Тому усі коефіцієнти які залежать від матеріалу слід дивитися по властивостям які розписані для алюмінію.

Обираючи габарити для радіатора слід дивитися на особливості габариту корпусу пристрою. У нашому випадку ми беремо, гладка поверхня буде мати довжину 25мм, ширину 25 мм та товщину 3 мм.

Довжина ребр буде становити 15 мм, а товщина ребра 3 мм, таким чином площа ребр радіатора буде становити $S_p = 9,75 \times 10^{-4} \text{ см}^2$

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						35
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна площа буде мати вигляд: $S_{\text{ср}} = 1,05 \times 10^{-3} \text{ см}^2$

Провівши всі розрахунки, щодо потужності пристрою, та розрахувавши характеристики радіатору, бачимо, що при використанні системи в місцях з підвищеною температурою (більше 25C°) буде достатньо встановити невеликий радіатор, в місце найбільшого нагріву, а саме на мікроконтролер, щоб збільшити тепловіддачу та підтримувати робочу температуру в межах норми.

					<i>РП31.421453.001 ПЗ</i>	Лис
						36
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши ринок на наявність та доступність аналогів розроблюваної системи, було виділено ряд недоліків та функціональних переваг, котрі було враховано в ході розробки. Опираючись на загальну інформацію, було запропоновано варіант універсального контролеру на всю систему контролю та регулювання якості повітря, який в собі об'єднав такі переваги: управління всіма блоками системи, легкість монтажу, доступність елементної бази, відносно не велику собівартість, можливість безпроблемного обслуговування, невеликі розміри; можливість використання в 3 варіаціях системи без зміни комплектації, а саме: назовні, в приміщенні та в транспорті.

Розроблено структурну схему системи контролю та регулювання якості повітря, створено схему електричну принципову, дотримуючись всіх стандартів та вимог. Під час вибору елементної бази для пристрою та компонентів системи, враховано потребу в доступності, довговічності та можливості простої заміни на новий компонент чи аналог.

Також в ході розробки було розраховано розміри плати (106 x 16мм), обрано матеріал для її виготовлення, визначено тип друкованої плати і як результат, розроблено готову модель, використовуючи середовище Altium Designer.

Також розраховано характеристики радіатора (з 2ма ребрами загальною площею $1.05 \times 10^{-4} \text{см}^2$), який можливо буде встановити в корпус пристрою, в випадку використання пристрою в зонах з підвищеною температурою (більше 25 °C).

В ході досліджень умов експлуатацій та місця встановлення, виявлено, що даний пристрій не буде піддаватися різким перепадам температури, високої вологості та вібро-навантаженням, окрім випадків при транспортуванні.

Корпус пристрою було розроблено за використання середовища SolidWorks 2020, з урахуванням можливості встановлення радіатора та наявності всіх роз'ємів, елементів керування пристроєм.

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						37
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Save Eco Bot. "SaveEcoSensor 3.0." [Електронний ресурс]. Доступно на: <https://www.saveecobot.com/saveecosensor-3.0> (Дата звернення: 13.05.2023)
2. ClimaGroup. "EcoComfort 2.0 Smart." [Електронний ресурс]. Доступно на: <https://climagroup.com.ua/ecocomfort-20-smart> (Дата звернення: 13.05.2023)
3. STMICROELECTRONICS. "STM32F401CC Datasheet." [Електронний ресурс]. Доступно на: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/882022/STMICROELECTRONICS/STM32F401CC.html> (Дата звернення: 13.05.2023)
4. Arduino.ua. "OLED дисплей модуль белый." [Електронний ресурс]. Доступно на: <https://arduino.ua/ru/prod1263-oled-displei-modyl-beli> (Дата звернення: 13.05.2023)
5. RCS Components. *RC1206JR Hitana*. Офіційний веб-сайт RCS Components [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/catalog/1206/180/> (Дата звернення: 14.05.2023)
6. Diodes Incorporated. AP2112 Datasheet [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/AP2112.pdf> (Дата звернення: 16.05.2023)
7. RCS Components. Конденсатор керамічний. Офіційний веб-сайт RCS Components [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/catalog/1206/79> (Дата звернення: 14.05.2023)
8. RCS Components. Світодіоди SMD1206. Офіційний веб-сайт RCS Components [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/catalog/svetodiody-vidimogo-spektra-smd/447> (Дата звернення: 14.05.2023)

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						38
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

9. RCS Components. KX-327LT 32.7680 kHz кварцовий резонатор [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/kx-327lt-32-7680-khz-kvarcovij-rezonator_40878.html (Дата звернення: 13.05.2023)
10. RCS Components. KX-K-25.0 MHz 18pF 30ppm кварцовий резонатор [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/kx-k-25-0-mhz-18pf-30ppm-kvarcovij-rezonator_40893.html (Дата звернення: 14.05.2023)
11. RCS Components. NFM-05-05 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/enkoder-cls4-ec1101s-5a-f20_151331.html (Дата звернення: 14.05.2023)
12. RCS Components. TL3750 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/TL3750AF180QG.html> (Дата звернення: 14.05.2023)
13. BallonGaz. "Баллон кислородный 40л." [Електронний ресурс]. Доступно на: <https://ballongaz.com.ua/ua/p12156632-ballon-kislorodnyj-40l.html> (Дата звернення: 14.05.2023)
14. Е-1. Каталог продукції. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://e-1.com.ua/catalog/detail/id/3577> (Дата звернення: 14.05.2023)
15. Cerbos. Компрессор Pelltech Poleti. Посібник з чищення та експлуатації [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.cerbos.ee/img/cms/kompressor/kompressor-pelltech-poleti-puhastus-kasutusjuhend.pdf> (Дата звернення: 14.05.2023)
16. Understanding TVOC (Volatile Organic Compounds) [Електронний ресурс]. - Доступно в: <https://learn.kaiterra.com/en/resources/understanding-tvoc-volatile-organic-compounds>. (Дата звернення: 14.05.2023).
17. IQ-Climat. "OCVCM Наружный датчик." [Електронний ресурс]. Доступно на: <https://iq-climat.com.ua/ua/p1777640369-ocvcm-naruzhnyj-datchik.html> (Дата звернення: 13.05.2023)

					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						39
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

18.RCS Components. OV-R24-2A [Електронний ресурс]. - Режим доступу:

https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/ov-r24-2a-blok-zhivlennya-24v-2a_184189.html

(Дата звернення: 14.05.2023)

19.RCS Components. NFM-05-05 [Електронний ресурс]. - Режим доступу:

https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/nfm-05-05_106798.html (Дата

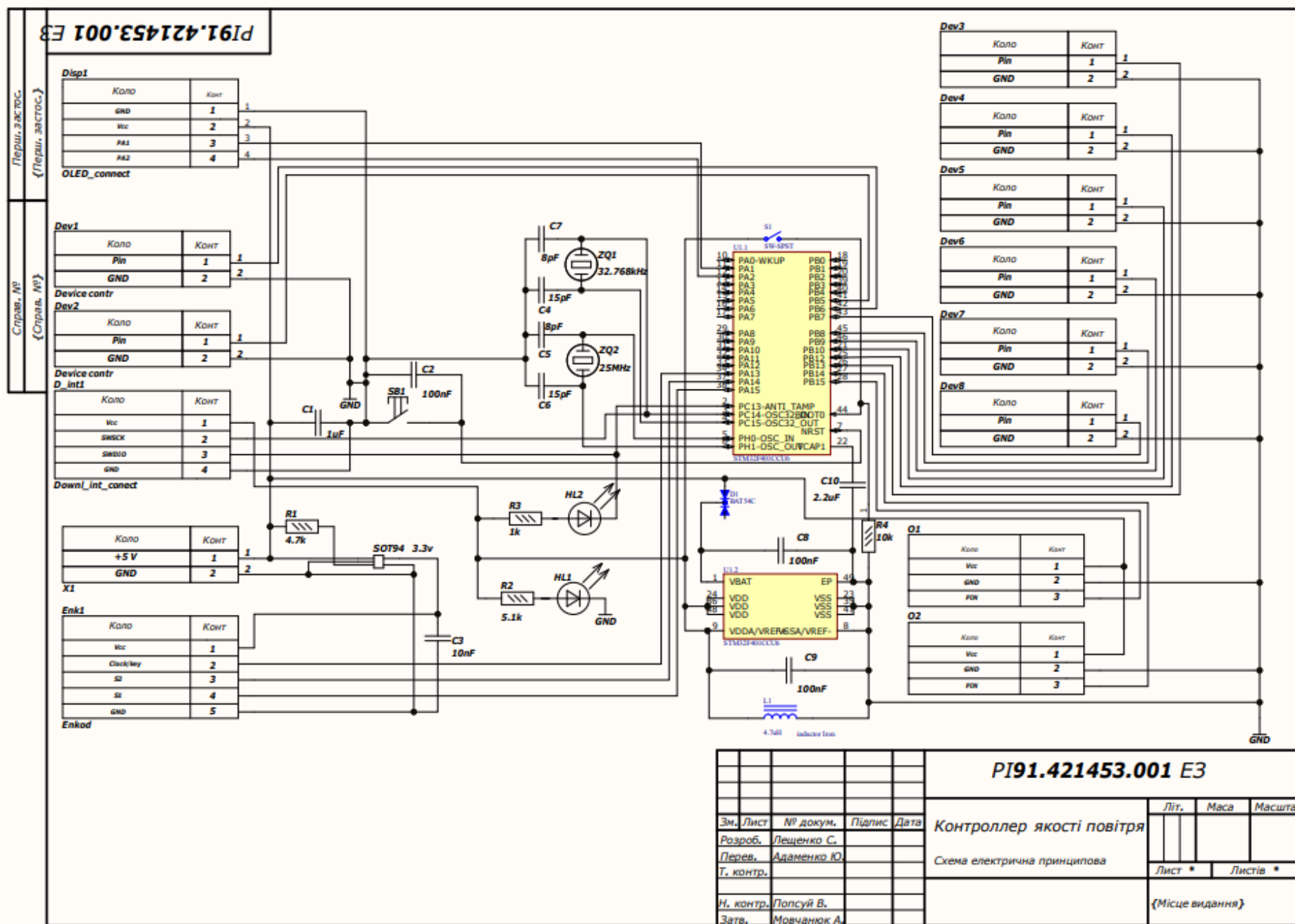
звернення: 16.05.2023)

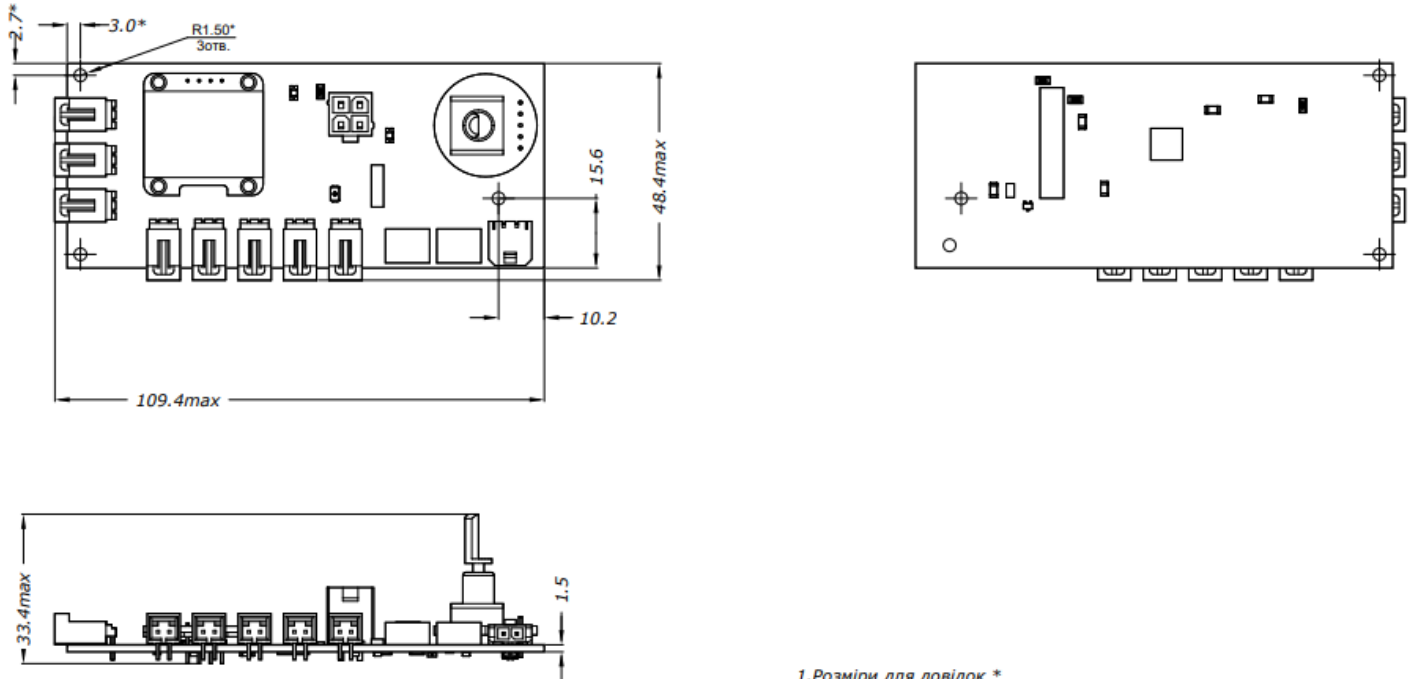
					РП31.421453.001 ПЗ	Лис
						40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

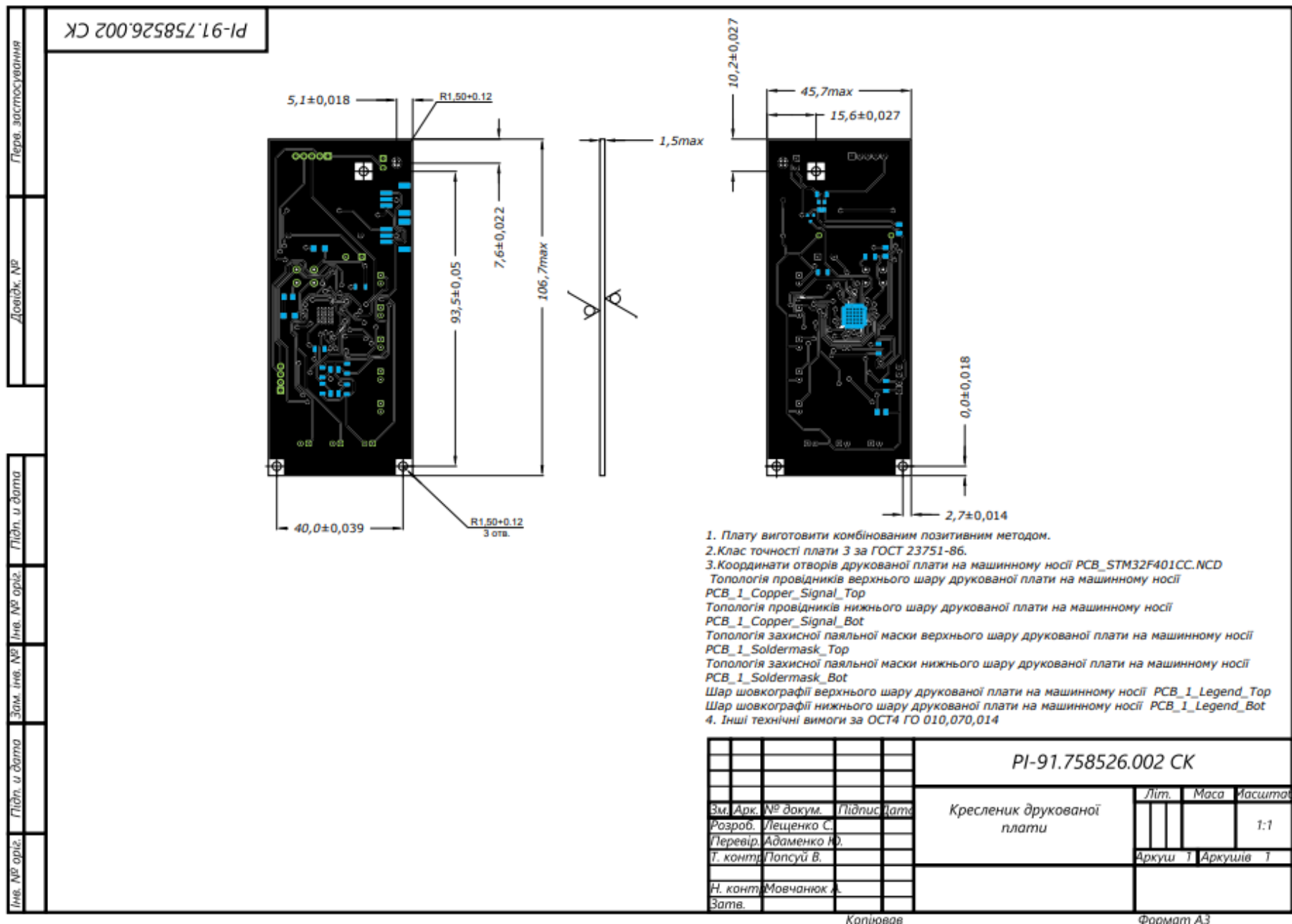
ДОДАТОК А

[illegible]

[illegible]



Інв. № ориг.	Підп. і дата	Зам. інв. №	Інв. № ориг.	Підп. і дата	Довідк. №	Перв. застосування																																										
PI91.421453.001 СК																																																
																																																
1. Розміри для довідок * 2. Монтаж виконано згідно схеми електрично принципової 3. Встановлення елементів за ГОСТ 29137-91 -R1-R4, C1-C10, мікроконтролерSMT, VD1-VD2 ,SW встановлення згідно варіанту 010 -Q1-Q2 -Dev1-Dev8, O1-O2, D_int.X1 встановлювати згідно варіанту 200 4. Паяти припоем SAC 305 ISO 9453:2014 5.SAC 305 ISO 9453:2014. Допускається для елементів поверхневого монтажу використання пасты припойної ПП-140 АУ70.033.013 ТУ;																																																
<table><tr><td colspan="4">PI91.421453.001 СК</td></tr><tr><td colspan="4">Модуль Електронний</td></tr><tr><td colspan="4"><table><tr><td>Літ.</td><td>Маса</td><td>Масштаб</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1:1</td></tr></table></td></tr><tr><td colspan="4"><table><tr><td>Аркуш</td><td>1</td><td>Аркушів</td><td>1</td></tr></table></td></tr></table>							PI91.421453.001 СК				Модуль Електронний				<table><tr><td>Літ.</td><td>Маса</td><td>Масштаб</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1:1</td></tr></table>				Літ.	Маса	Масштаб			1:1	<table><tr><td>Аркуш</td><td>1</td><td>Аркушів</td><td>1</td></tr></table>				Аркуш	1	Аркушів	1																
PI91.421453.001 СК																																																
Модуль Електронний																																																
<table><tr><td>Літ.</td><td>Маса</td><td>Масштаб</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1:1</td></tr></table>				Літ.	Маса	Масштаб			1:1																																							
Літ.	Маса	Масштаб																																														
		1:1																																														
<table><tr><td>Аркуш</td><td>1</td><td>Аркушів</td><td>1</td></tr></table>				Аркуш	1	Аркушів	1																																									
Аркуш	1	Аркушів	1																																													
<table><tr><td>Зм. Арк.</td><td>№ докум.</td><td>Підпис</td><td>Дата</td><td colspan="3"></td></tr><tr><td>Розроб.</td><td>Лещенко С.</td><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr><tr><td>Перевір.</td><td>Адаменко Ю.</td><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr><tr><td>Т. контр.</td><td></td><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr><tr><td>Н. контр.</td><td>Попсуй В.</td><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr><tr><td>Затв.</td><td>Мовчанюк Л.</td><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr></table>							Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				Розроб.	Лещенко С.						Перевір.	Адаменко Ю.						Т. контр.							Н. контр.	Попсуй В.						Затв.	Мовчанюк Л.					
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата																																													
Розроб.	Лещенко С.																																															
Перевір.	Адаменко Ю.																																															
Т. контр.																																																
Н. контр.	Попсуй В.																																															
Затв.	Мовчанюк Л.																																															
Копіював																																																
Формат А3																																																



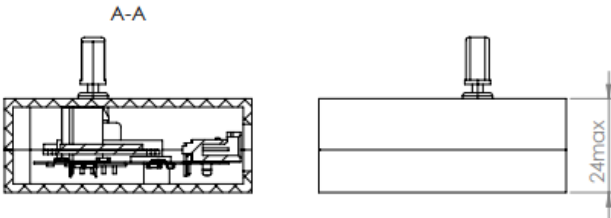
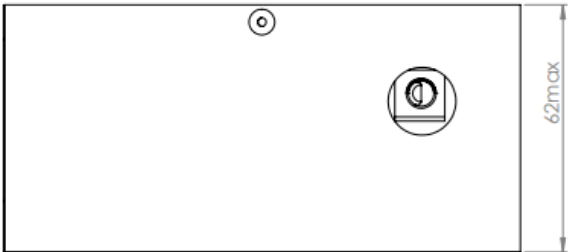
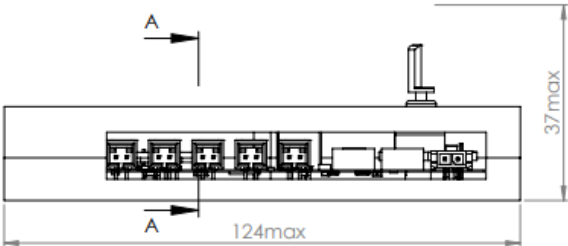
[illegible]

Утв		Зінгер Я.Л.									
Форм.	Зона	Поз.	Обозначение			Наименование			Кол.	Прим.	
						Конденсатор керамічний					
						15nΦ±5% 50В			2		
						Конденсатор керамічний					
						8nΦ±5% 50В			2		
						Конденсатор керамічний					
						2.2мкΦ±5% 50В			1		
						Резистор					
						4,7кОм±1% 0,25Вт			1		
						Резистор					
						5.1кОм±1% 0,25Вт			1		
						Резистор					
						1кОм±1% 0,25Вт			1		
						Резистор					
						10кОм±1% 0,25Вт			1		
						Роз'єм 39281043			1		
						Роз'єм MOLE-S-A0001365376-1			1		
						Роз'єм 0436500200			7		
											Ст.2
Из м	Ли ст	№ докум.	По дп	Да та							

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
				Роз'єм S3B-PH-SM4-TB	2	
				Мікросхема STM32F401CCU6	1	
				Регулятор напруги AP2112K-3.3TRG1	1	
				Котушка індуктивності		
				4.7мкГн±10%	1	
				Кварцевий резонатор		
				32,768кГц	1	
				Кварцевий резонатор		
				25МГц	1	
				Кнопка tl3750	1	
				перемикач DTSM32	1	
				Світлодіод BL-LS1206GC	1	
				Світлодіод BL-LS1206BL	1	
				Матеріал		
				Припой		
				SAC 305 ISO 9452:2014		
				Паяльна паста SРu-97/3		
Из м	Ли ст	№ докум.	По дп	Да та	Ст.3	

Інв. № подл.	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата	Справ. №	Перш. викоржст.
--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	----------	-----------------

PI.421452.001 СК



1.* Розміри для довідок

					PI.421452.001 СК			
					Контролер системи вентиляції	Літ.	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.	Лещенко С.							
Перев.	Адаменко Ю.							
Т. контр.								
Н. контр.	Попсун В.							
Затв.	Мовчанюк А.							

<i>Форм.</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Прим.</i>
				<u>Документація</u>		
A3			PI91.421453.001 СК	Складальний кресленик	1	
A4			PI91.758526.001 ПЕ	Перелік елементів	1	
A4			PI91.421453.001 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
A3			PI91.421453.001 ЕЗ	Схема електрична		
				принципова	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
A2			PI91.421453.001	Модуль електронний	1	
				<u>Деталі</u>		
A3			PI91.741100.001	Корпус		
A3			PI91.731163.001	Кришка	1	
					1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Гвинт М3х4 DIN 84	4	

Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата			
Разраб.		Лещенко С.			Контролер системи контролю та регулювання якості повітря		
Пров.							
Т.конт							
Н.конт							
Уме		Зінгер Я.Л.					
					Лит.	Лист	Листів
							1
					НТУУ «КПІ», РТФ, РІ-91		