

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Е.М. С.А. Нелін
(підпис) (ініціали, прізвище)

«18» червня 2019 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

За спеціальністю 172 Телекомунікація та радіотехніка
(код та назва спеціальності)

на тему: OSM контролер для дистанційного керування

Виконав (-ла): студент (-ка) _____ курсу, групи PI-г61-2
(шифр групи)

Городєцький Олексій Павлович
(прізвище, ім'я, по батькові)

[підпис]
(підпис)

Керівник ст. викладач Адамченко В.О.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

[підпис]
(підпис)

Консультант з охорони праці доцент, к.т.н., Каштанов С.Ф.
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

[підпис]
(підпис)

Рецензент д-р. каф. РРС, к.т.н., доцент Маслюк В.С.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

[підпис]
(підпис)
18.06.2019

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

Студент [підпис]
(підпис)

Київ – 2019 року

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

Факультет (інститут) радіотехнічний
(повна назва)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

За напрямом підготовки 6.050902 Радіоелектронні апарати
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
С.А. Нелін
(підпис) (ініціали, прізвище)

«15» травня 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Гордєцькому Олексію Павловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) BSM контролер для дистанційного керування

керівник проекту (роботи) _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р. № 1399-с

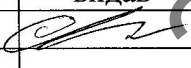

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 18.06.2019

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Потужність: 0,5 Вт (не більше);
Напруга живлення: 5В; вхідний роз'єм мікроUSB – 1шт.; маса не більше
250г.; габаритні параметри: 90x40x20 (не більше)

4. Зміст (дипломної роботи) розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Огляд існуючих рішень. Аналіз
технічного завдання, вибір елементної бази. Розробка схем
електричної принципової; розробка електронного модуля

5. Перелік (ілюстративного) графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів тощо) Структурна схема; схема електрична принципова; складальний кресленик; кресленик друкованої плати

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
З охорони праці	к.т.н., доцент Каштанов С.Ф.		

7. Дата видачі завдання 15 травня 2019 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Огляд існуючих рішень	20.05.2019 — 22.05.2019	
2.	Вирядка та аналіз технічного завдання	20.05.2019 — 22.05.2019	
3.	Обґрунтування та вибір схематичних рішень	23.05.2019 — 24.05.2019	
4.	Вибір та обґрунтування елементної бази	23.05.2019 — 24.05.2019	
5.	Проектування електричного ланцюгу	25.05.2019 — 27.05.2019	
6.	Проектування пристрою	28.05.2019 — 29.05.2019	
7.	Аналіз працездатності пристрою	30.05.2019 — 31.05.2019	
8.	Охорона праці	01.06.2019 — 02.06.2019	
9.	Оформлення технічної і графічної частини	03.06.2019 — 06.06.2019	

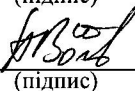
Студент



(підпис)

Городецький О.П.
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)



(підпис)

В. О. Адамський
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

Анотація

Пояснювальна записка обсягом 60 сторінок містить 23 ілюстрації, 5 таблиць, 3 додатки та 16 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Метою дипломного проекту є розробка *GSM* контролера для дистанційного керування, який призначений для контролю та керування віддаленими об'єктами за допомогою мережі стільникового зв'язку.

В проекті наведено результати аналізу існуючих аналогів на ринку, обґрунтування вибору елементної бази, конструкторську документацію в САПР "*Altium Designer*", розрахунки, які підтверджують працездатність приладу та його відповідають усім нормативним документам і стандартам.

Ключові слова: контролер, процесор, друкована плата, *GSM*, схема, прилад.

Городецький О.П. РІС 167-2, 2019

ANNOTATION

An explanatory note of 60 pages contains 23 illustrations, 5 tables, 3 annexes and 16 bibliographic titles in the list of references.

The purpose of the diploma project is the development of a GSM controller for remote control, which is designed to remote control of objects through a GSM network.

The project presents the results of the analysis of existing analogues, the choice justification of element base, design documentation in CAD "Altium Designer", calculations that confirm the performance of the device and that it corresponds to all regulatory documents and standards.

Keywords: controller, processor, printed circuit board, GSM, circuit, device.

Городецький О.П. РГ-61-2, 2019

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Огляд існуючих рішень. Розробка та аналіз технічного завдання.....	4
1.1 Огляд існуючих рішень	4
1.2 Огляд існуючих аналогів на ринку.....	7
1.3 Аналіз технічного завдання	14
2 Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення та елементної бази.....	16
2.1 Вибір та обґрунтування елементної бази та схемотехнічного рішення	16
2.2 Розробка електричної принципової схеми	22
3 Проектування електронного модулю.....	25
3.1 Вибір та обґрунтування матеріалу друкованої плати	25
3.2 Розрахунки елементів друкованого монтажу.....	27
3.3 Проектування електронного модуля.....	28
4 Проектування приладу та аналіз його працездатності.....	33
4.1 Проектування приладу	33
4.2 Розрахунок пристрою на надійність	33
4.3 Розрахунок віброміцності друкованого вузла.....	36
4.3 Налаштування пристрою.....	38
5 Охорона праці.....	44
5.1 Визначення шкідливих та потенційно небезпечних факторів під час роботи	44

					PI61.425539.003.ПЗ		
		№ докум.	Підпис				
		<i>Городецький О.П.</i>			Літ.	Арк.	Аркуші
Реценз				GSM контролер для			
Н.				дистанційного керування			
Затвер							1

5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії під час роботи.....	45
5.2.1 Санітарно-гігієнічні вимоги до робочих приміщень.....	45
5.2.2 Мікроклімат робочої зони.....	47
5.2.3. Електробезпека.....	48
5.2.4 Розрахунок захисного відключення електромережі при аварійному режимі роботи електрообладнання.....	50
5.3 Організація безпечних та комфортних умов праці на робочих місцях	51
5.3.1 Психофізіологічне розвантаження.....	52
5.4 Заходи з ергономіки.....	54
5.5 Пожежна безпека та профілактика.....	56
5.5.1 Дії працівників у разі виникнення пожежі.....	58
Висновок.....	59
Перелік джерел посилань.....	60
Додаток А. Технічне завдання.....	62
Додаток Б. Перелік елементів.....	63
Додаток В. Специфікація.....	64

ВСТУП

На сьогодні технології зробили великий крок вперед. Слідкуючи за цим стрімким розвитком, люди породжують в собі багато забаганок, які можуть спростити їм виконання буденних справ, які раніше їм доводилось виконувати самотужки, докладаючи, хоча і не великих, але все ж таки зусиль та обтяжуючи себе на виконання зайвих метушливих дій..

Насправді досить зручно, під'їхавши, наприклад, до гаража, не обтяжувати себе необхідністю вийти з машини і вручну відкрити ворота, а відчинити їх просто натиснувши іконку на екрані свого смартфона, припаркувати авто і, після цього, так само, одним дотиком зачинити. Або ж в літню спеку увімкнути вдома кондиціонер бо хочеться прийти в прохолодну квартиру чи будинок. Чи, можливо, просто увімкнуту на кухні чайник, сидячи при цьому в іншій кімнаті. Або ж ви заядлий дачник і хочете, знаходячись у місті, дистанційно керувати системою поливу вашого городу. Чи просто хочете контролювати стан вашої квартири, будинку, дачі, гаража, тощо. Всі ці задачі, на сьогоднішній день, дозволяють вирішувати GSM контролери. Просто відправивши SMS або зробивши виклик, можна вмикати або вимикати побутові прилади, світло, або дізнатись чи все в порядку і чи в нормі усі показники на тому об'єкті, де встановлено контролер. Окрім того існують можливості виконання цих задач в режимі «online» за допомогою інтернет з'єднання.

В зв'язку із цим вирішено спроектувати пристрій, який здатний керувати невисоким навантаженням на два канали і контролювати стан об'єкту, де він встановлений. Окрім того надавати можливість виконувати керування та моніторинг знаходячись на будь-якій відстані від об'єкту.

PI61.425539.001 ПЗ

№ докум.

Підпис

3

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд існуючих рішень

GSM контролер — це пристрій, призначений для сповіщення свого власника в разі появи чинників, при яких збереження майна або безпека людей перебуває під загрозою, керування іншими приладами та контролю стану об'єкта. Для передачі даних в таких пристроях використовується мережа стільникового зв'язку *GSM*.

Види *GSM* контролерів:

GSM-сигналізація може бути автономною і пультовою. У першому випадку повідомлення про тривогу отримує тільки власник об'єкту у вигляді голосового повідомлення та/або *SMS* (можна запрограмувати кілька номерів телефонів), у другому - повідомлення йде на пульт централізованого спостереження (ПЦС).

Обладнання, що використовується:

Для організації *GSM*-сигналізації використовуються технічні засоби охорони:

- приймально-контрольний прилад (панель, блок);
- *GSM*-модуль;
- сповіщувачі;
- сповіщувачі;
- виконавчі пристрої;
- додаткове обладнання.

Як сповіщувачів (датчиків) використовуються:

1) Охоронні сповіщувачі:

- об'ємні руху;
- магніто-контактні;
- розбиття скла;
- та ін.

2) Пожежні сповіщувачі.

3) Сповіщувачі іншого призначення:

						РІ61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис				4

- витоку води.

Сповіщувачі можуть бути:

- світлові;

- звукові;

- комбіновані;

- мовні.

Додаткове обладнання:

Зчитувач електронних ключів *Touch Memory*, безконтактних карт *Proximity*, кодонаборна панель і т. д. Служать для зчитування коду ключа (карти) і передачі його в прилад охорони. Загальне призначення - керування приладом охорони.

Кнопка тривоги. Це радіомодуль, що дозволяє управляти приладом за допомогою брелоків по радіоканалу. З їх допомогою може здійснюватися постановка приладу на охорону, зняття з охорони, спрацювання охоронного шлейфу сигналізації.

Зовнішня GSM-антена. При нестійкому сигналі така антена може значно підвищити якість зв'язку.

Класифікація:

По взаємодії з загрозою GSM-сигналізація відноситься до пасивних методів охорони.

За способом зв'язку приймально-контрольного приладу з датчиками система може бути провідний або бездротової.

Методи оповіщення. Для оповіщення по каналу GSM використовуються спеціалізовані GSM-модулі. Вони забезпечують дзвінок і передачу повідомлень на один або кілька номерів. Повідомлення можуть бути голосові і текстові (SMS). Для роботи необхідна наявність SIM-карти мобільного оператора зв'язку з позитивним балансом.

Способи віддаленого керування приладом охорони:

За допомогою SMS -повідомлень. Низька надійність, оскільки доставка SMS ніяк не контролюється і не є гарантованою.

DTMF-сигнали (тональний набір). Зручно, надійно і швидко, але раніше могло бути дорожче за *SMS*.

Дзвінком. Керування дзвінком повністю безкоштовно, однак цим способом можна виконувати лише дві команди: постановку на охорону і зняття з неї.

Додаткові функції:

Аудіопрослуховування — функція дає можливість прослухати події, що відбуваються в приміщенні при виникненні тривожного повідомлення або в будь-який інший момент.

Фото або відеотрансляція — функція можлива, якщо апаратні засоби приладу дозволяють здійснювати передачу даних по протоколу *GPRS*. Ця функція дозволяє здійснювати не тільки візуальний контроль над ситуацією, але і записувати те, що відбувається при наявності пристрою зберігання даних.

Захист від генераторів перешкод *GSM* — досить рідкісна функція в сучасних *GSM*-сигналізаціях та контролерах. І на сьогоднішній день немає загальнодоступних і простих методів протидії «глушилкам»

Переваги:

- 1) Легкість програмування для користувача.
- 2) Для автономних *GSM*-контролерів - відносно низька вартість обслуговування, так як не потрібно платити за послуги охоронних підприємств.
- 3) Широка зона дії *GSM*-мережі - дальність обмежена тільки рівнем покриття стільникового зв'язку.
- 4) Залежно від виконання обладнання може працювати автономно (від акумуляторів, літієвих батарей).
- 5) Дозволяє охороняти стаціонарні об'єкти (квартира, дача, гараж, сейф) і рухоме майно (автомобіль, дорожню валізу).
- 6) Застосування у випадках, коли відсутня можливість монтажу провідної системи охорони (бездротові системи).

Недоліки:

- 1) Робота тільки в зоні дії *GSM*-мережі.
- 2) *GSM*-сигналізація вразлива до генераторам перешкод *GSM*.

3) Нестійкість елементів живлення до низьких температур (в неопалюваних приміщеннях при відключенні живлення $\sim 220\text{В}$ акумулятор розрядиться швидше).

Методи підвищення надійності оповіщення:

Використання декількох *SIM*-карт. При неможливості відправити повідомлення з однієї карти, комунікатор перемкнеться на резервну.

Використання додаткових каналів передачі інформації. Наприклад, провідного телефонного лінії, *TCP / IP*-мереж.

1.2 Огляд існуючих аналогів на ринку

Плата "GSM-Universal" [1]

Плата *GSM* сигналізації з можливістю модульного нарощування функціоналу. Схему підключення якого зображено на рисунку 1.1.

Завдяки додатковим модулям вирішуються такі завдання:

- Сполучення з домофоном;
- відеозапис і трансляція на телефон;
- управління зовнішніми пристроями;
- управління мікрокліматом;
- управління поливом і ін.

Можливості:

- модульне нарощування можливостей;
- гнучкість налаштувань (близько 5000 можливих варіантів);
- 5 користувачів;
- 5 груп незалежної або часткової охорони;
- 9 провідних зон;
- до 15 цифрових адресних зон по одному дроту;
- до 15 радіо входів для бездротових датчиків підприємства "ПОТЕНЦІАЛ" (руху, магнітно-герконовий, протікання води і радіо датчиків для автоматичного поливу), а так само радіо-датчиків фірм "*VISONIC*" і "*FOCUS*";

						PI61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис				7

- до 16 провідних виходів або радіо виходів під радіо реле з живленням 220В або 12В;
- до 20 брелоків;
- до 20 цифрових ключів *iButton*;
- цифрові клавіатури;
- додаток для телефонів і КПК (*Android*) на 10 *GSM-Universal* з підписуваними подіями;
- постановка / зняття порожнім дзвінком, брелоками, цифровими клавіатурами, ключами *iButton*, з додатків до телефонів і КПК, *DTMF* командами, за допомогою голосових підказок, за допомогою швидкого або голосового набору телефону;
- 108 команд управління;
- до 5 цифрових датчиків температури;
- до 5 датчиків вологості;
- робота з домофоном;
- відео реєстратор на *SD* карту до 32 Гб на 4 камери з роздільною здатністю 352x288;
- *Online* перегляд 1-й з 4-х відео камер з телефону або комп'ютера з роздільною здатністю 176x144 або 352x288;
- фото по тривозі *MMS* і / або *E-mail* з дозволом 352x288;
- автоматичне перемикання відео камер по датчикам руху;
- перевірка рахунку *SIM* карти приладу;
- *SMS* про зниження балансу, менше 5 грошових одиниць;
- голосові повідомлення і меню;
- робота з ПЦС;
- архів подій;
- віддалене отримання і зміна налаштувань, по *GPRS*;
- *DTMF* команди;
- імітація присутності, хаотичним включенням освітлення;
- охорона при відсутності *GSM* мережі;

							PI61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис					8

- контроль наявності живлення мережі 220 В;
- затримки на вхід і вихід за вказаними зонам;
- тривожні кнопки;
- "тиха" тривога;
- паролі доступу користувачам;
- рівні доступу користувачів до управління і налаштувань;
- безперебійне живлення в боксі з місцем під акумулятор;
- автоматична підтримка заданих параметрів;
- виходи за розкладом (наприклад графіки економ опалення);
- 3-х ступеневе програмування реагування щодо подій;
- аналогові входи по напрузі і опорі з задаються порогами і зонами;
- затримки, таймери, інверсії, тривалості.

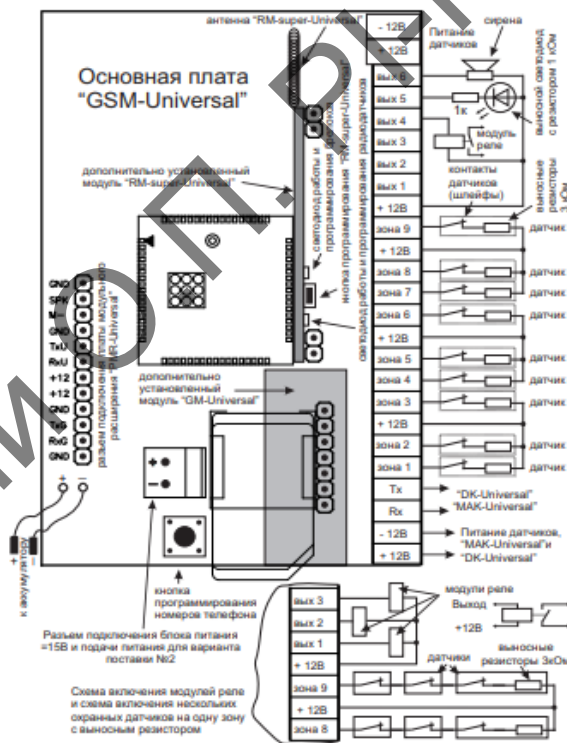


Рисунок 1.1 — Схема підключення *GSM-Universal* [2]

GSM-Лайка [3]

Призначена для охорони малих об'єктів з передачею інформації на мобільні телефони трьох користувачів.

Для живлення сигналізації використовується блок живлення 15В зі струмом навантаження 1А, може комплектуватися резервним акумулятором ємністю від 1,2 до 7,2 А/Ч. У приладі є один провідний вхід для підключення будь-яких дротових датчиків (руху, розбиття, відкриття, вібрації, пожежі і т.д.). Не дивлячись на один провідний вхід, можливе підключення декількох датчиків одночасно, поєднуючи їх послідовно між собою. Таким чином, виходить бюджетна сигналізація, яка поєднує в собі всі основні і необхідні функції для побудови повноцінної системи охорони на об'єкті. Затримка постановки на охорону становить 30 секунд, при знятті – 15 секунд.

При спрацюванні будь-якого підключеного датчика до централі, сигналізація сповіщує свого господаря за допомогою GSM зв'язку. При тривозі централь відправляє SMS повідомлення і здійснює дзвінок на номер мобільного телефону користувача, який заздалегідь записаний в пам'ять пристрою. Всього в пам'ять приладу може бути записано максимум 3 номери.

Також прилад сповіщує господаря у разі зникнення або появи основного живлення 220В відправляючи відповідне SMS .

Керування приладом відбувається за допомогою мобільного телефону, можна змінити стан охорони за допомогою звичайного дзвінка, відправки SMS повідомлення зі спеціальною командою. Також є можливість запиту перевірки рахунку і стану охорони за допомогою SMS .

У централі реалізована система безперебійного живлення, при пропданні основного живлення, система автоматично переключиться на роботу від резервної батареї. Схему підключення даного модуля зображено на рисунку 1.2.

					PI61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			10

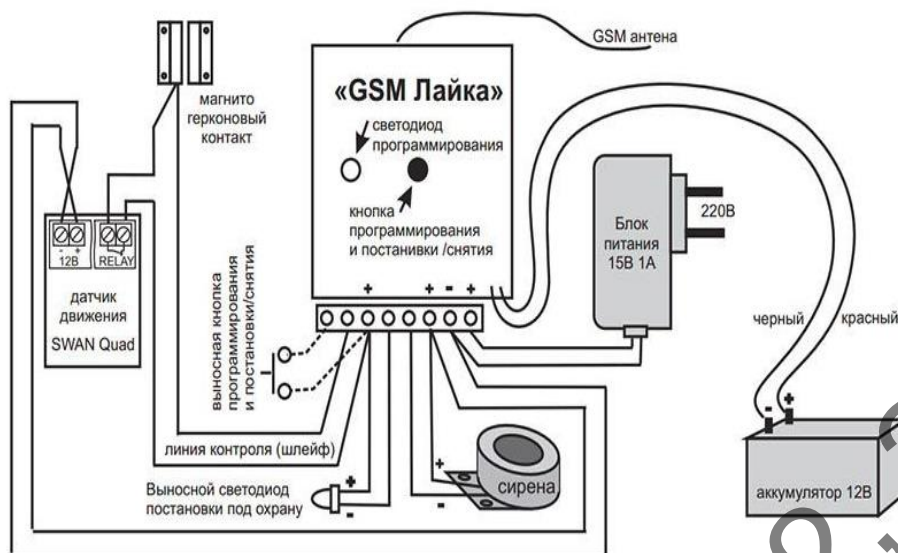


Рисунок 1.2 — Схема підключення GSM-Лайка [4]

GSM модуль GSM mini [5]

GSM модуль GSM mini призначений для застосування окремо з джерелом безперебійного живлення, або для вбудовування в існуючі системи охорони. Плата, на відміну від готових пристроїв, з лінійки приладів GSM Mini, не комплектується блоком живлення і системою заряду. Зовнішній вигляд модуля зображено на рисунку 1.3.

Основні функціональні можливості GSM модуля:

- 8 користувачів — при тривозі модуль сповіщує 8 запрограмованих номерів телефону.
- 2 дротові охоронних зони — 2 входи для підключення дротяних датчиків з NC контактами.
- 15 адресних датчиків — вхід для підключення адресних датчиків. Переваги таких датчиків полягає в наступному: всі 15 датчиків підключаються на один провід, прилад визначає кожен датчик на свою адресу, отже, розрізняє кожен датчик окремо, при тривозі. Приходить сповіщення з назвою датчика, який спрацював.

Вбудований контролер ключів TM — можливе програмування до 100 ключів iButton.

3 виходи - світлодіод, сирена, керований вихід (струм комутації до 1 А)

Налаштовуюються типи виходів — 11 варіантів налаштувань.

Налаштовуються голосові повідомлення події - налаштовується повідомлення (база з 76 слів).

Налаштовуються текст SMS повідомлень — до 40 символів.

Автоматична настройка номера перевірки рахунку і точки доступу GPRS.

Постановка / зняття — DTMF команди, порожній дзвінок, ключі ТМ, вхід постановки (кнопка, клавіатура).

SMS про зниження балансу нижче 5 грошових одиниць, SMS про втрату зв'язку з адресними датчиками.

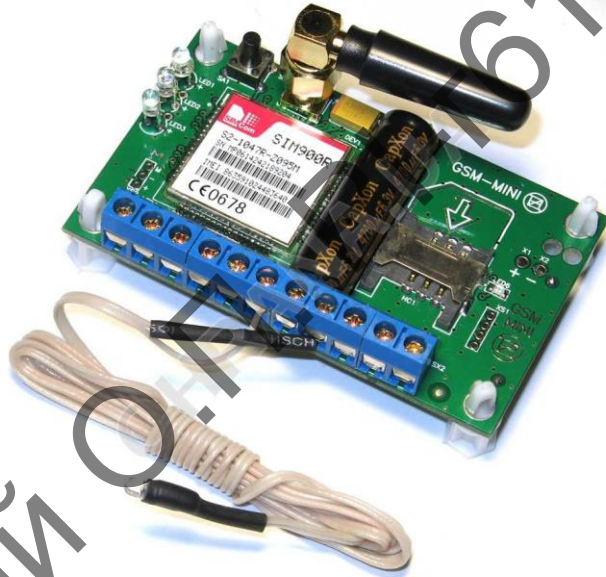


Рисунок 1.3 — Зовнішній вигляд *GSM mini* [6]

Дозвонщик GSM XIT RK V3 [7]

GSM дозвонщик *GSM XIT RK V3* в боксі, з блоком живлення 15В, місцем під акумулятор 7 А/г, двома брелоками для включення / відключення режиму «Охорона» та можливістю підключення до 50 радіодатчиків.

Призначається для сповіщення користувача в разі порушення стану охорони однієї з зон за допомогою GSM мережі. У дозвонщик встановлюється SIM картка, за допомогою якої прилад сповіщує дзвінком або SMS повідомленням абонентів, які зареєстровані у пам'яті пристрою як користувачі.

Технічні характеристики:

						PI61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис				12

Максимальна Кількість телефонів оповіщення: 2.

Кількість зон охорони: 2.

Максимальна Кількість брелоків: 20 шт.

Кількість радіодатчиків: 50 шт.

Кількість тривожно дзвінків / SMS: 3.

Кількість виходів: 6.

Напруга зовнішнього живлення: 11,4 ... 15 В.

Джерело резервного живлення свинцево акумулятор 12 В: 1,2 ... 7 А/г.

Номінальний струм споживання приладнав (без зовнішніх пристроїв): 0,05 А.

Струм Вихід виносний світлодіода: чи не более 0,35 А.

Струм Вихід "Сирена": чи не более 0,7 А.

Струм Додатковий виходів: чи не более 0,35 А.

Опір ОХОРОНИ шлейфу: чи не более 1 кОм.



Рисунок 1.4 — Дозвонщик *GSM XIT RK V3* [8]

Після огляду вже запропонованих на ринку аналогів подібної продукції проведено аналіз технічного завдання.

					PI61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			13

1.3 Аналіз технічного завдання

GSM контролер призначений для дистанційного керування та моніторингу за допомогою мобільного телефону, використовуючи GSM-мережу оператора мобільного зв'язку. Має можливість контролю стану об'єкту за допомогою підключеного дротового датчика або кількох датчиків, з'єднаних між собою послідовно. Повинен мати змогу керувати навантаженням з низьким струмом споживання. При тривозі, пристрій може відтворити голосові сповіщення, записані користувачем.

В даному пристрої є резервний акумулятор, який автоматично підзаряджається при підключеному зовнішньому живленні. Час автономної роботи пристрою до 3 годин.

Захист від механічних впливів Р6 згідно ГОСТ 16019-2001, відповідно пристрій слід встановлювати на стаціонарних об'єктах. Робочий температурний режим приладу становить від -10 до +50 градусів за Цельсієм. Оскільки прилад передбачено використовувати в приміщеннях, то він не повинен відповідати характеристикам вуличної апаратури.

Кліматичні вимоги УХЛ 4.2 згідно ГОСТ 15150-69 — об'єднання помірного і холодного макрокліматичних районів, експлуатація в закритих приміщеннях з опаленням і зі штучною вентиляцією (регулювання температурних умов, немає низьких температур, низька концентрація пилу). Згідно з цими умовами робочий діапазон температур даного пристрою від -10 до +50 градусів за Цельсієм при відносній вологості повітря 60%, а граничний — від -40°C до +85°C, атмосферному тиску від 86 до 106 кПа та абсолютній вологості 10 г/м.

За перелічених умов прилад може не мати додаткового пило- та волого-захисту. Повинен бути естетично привабливим і, разом із цим, мати можливість непримітного встановлення, але з комфортним доступом для користувача.

Прилад відповідає всім технічним характеристикам, які було задано в ТЗ, а саме:

Потужність: 0.5 Вт (не більше);

						ПІ61.425539.001 ПЗ	14
		№ докум.	Підпис				

Напруга живлення: 5 В;

Вхідний роз'єм: micro-USB — 1 шт;

Керування: DTMF-командами, SMS-командами, по входу, дзвінком, за допомогою додатку для операційної системи Android.

Габаритні параметри, Ш×Д×В, мм: 90x40x20 (не більше).

Моноблочний вид виконання.

Маса: не більше 150 г (не більше).

Пристрій призначений для використання без корпусу, тому маркування не наноситься.

Городецький О.П. РІ-Г61-2, 2019

2 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ТА ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

2.1 Вибір та обґрунтування елементної бази та схемотехнічного рішення

Виходячи з аналізу технічного завдання необхідно обрати легкодоступні та недорогі матеріали і елементну базу, використовуючи яку можна досягти отримання всього необхідного функціоналу розроблюваного пристрою.

Також створено блок-схему структури розроблюваного пристрою, яка ілюструє основні функціональні вузли пристрою, яку зображено на рисунку 2.1.

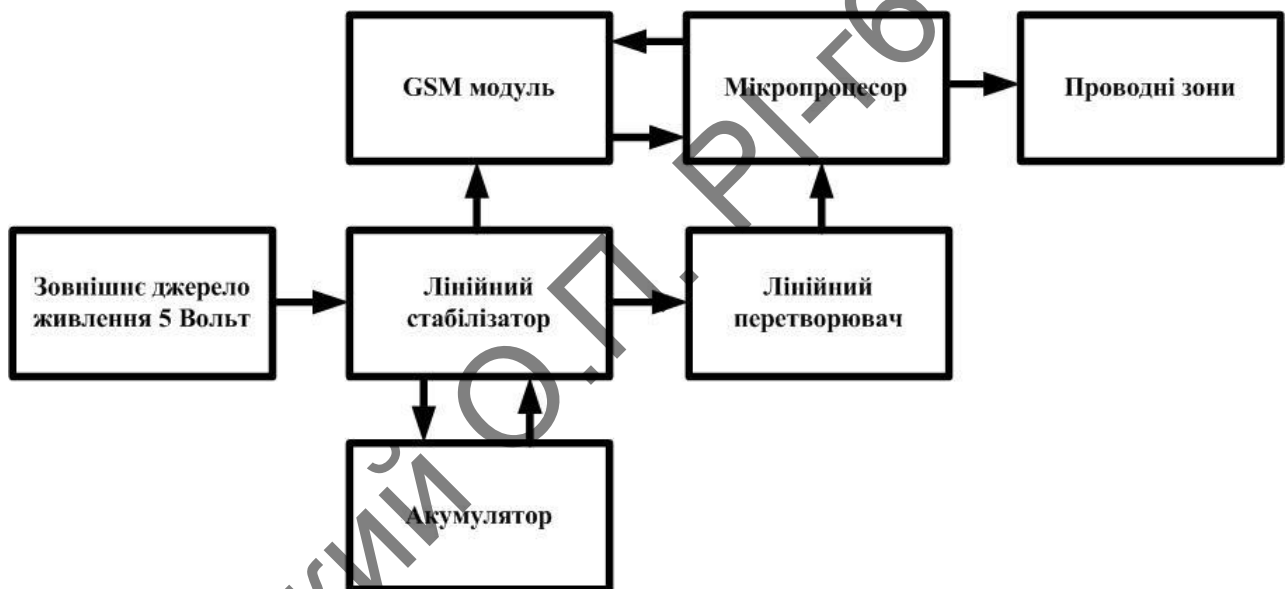


Рисунок 2.1 — Блок-схема GSM контролера

Згідно блок-схеми необхідно підібрати лінійний стабілізатор, який буде забезпечувати живлення GSM-модуля та зарядку акумулятора. Також необхідно підібрати лінійний перетворювач, який буде забезпечувати живлення мікропроцесора

Процесор повинен здійснювати обмін даними з GSM-модулем та керувати провідними зонами, на які підключаються керовані пристрої або датчики.

Окрім функціональних можливостей, які коротко проілюстровано на блок-схемі, пристрій може бути виконаний ще в кількох варіантах схематичних рішень.

Варіації пристрою змінюються в залежності від деяких змін в схемі та, відповідно, додання, усунення і заміни певних елементів приладу.

При обранні елементної бази основними критеріями вибору були ціна, розповсюдженість на ринку та надійність компонентів.

В першу чергу постала задача обрати головні модулі, на яких буде засновуватись наступна розробка конструкції пристрою. І, оскільки розроблюваний контролер обов'язково повинен мати доступ до мережі стільникового зв'язку, то необхідно обрати інтерфейс, за яким це можливо реалізувати, а саме *GSM*-модуль. Після огляду запропонованих на ринку варіантів, які знаходяться у вільному доступі і дають змогу реалізувати необхідний набір функціональних можливостей розроблюваного пристрою, обрано *GSM*-модуль *SIM800C* [9] виробництва компанії *SIMCom*, зовнішній вигляд якого зображено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 — Зовнішній вигляд *GSM*-модуля *SIM800C* [10]

Напряга живлення, необхідна для роботи даного модуля, знаходиться в діапазоні від 3,3 до 4,5 Вольт. Даний модуль має можливість доступу до мобільного інтернету за технологією *GPRS* та підтримує стандарти *GSM850MHz*, *EGSM900MHz*, *DCS1800MHz* та *PCS1900MHz*, які підтримуються найбільшими компаніями-операторами мобільного зв'язку в Україні, а саме: *Kyivstar*, *Lifecell* та *Vodafone UA*, зона дії покриття яких складає більше 90% території нашої країни, а також більшість операторів стільникового зв'язку у світі.

З технічної документації на даний модуль проаналізовано функціонал кожного з портів модуля, а також проаналізовано рекомендаційні вказівки компанії виробника щодо організації схем підключення кожного з портів даного

					ПІ61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			
						17

GSM-модуля. Подальше його підключення виконане на основі даних рекомендацій, з урахуванням супутніх електричних кіл та рекомендованих номіналів елементів. Схему розташування портів *GSM*-модуля *SIM800C* зображено на рисунку 2.3.

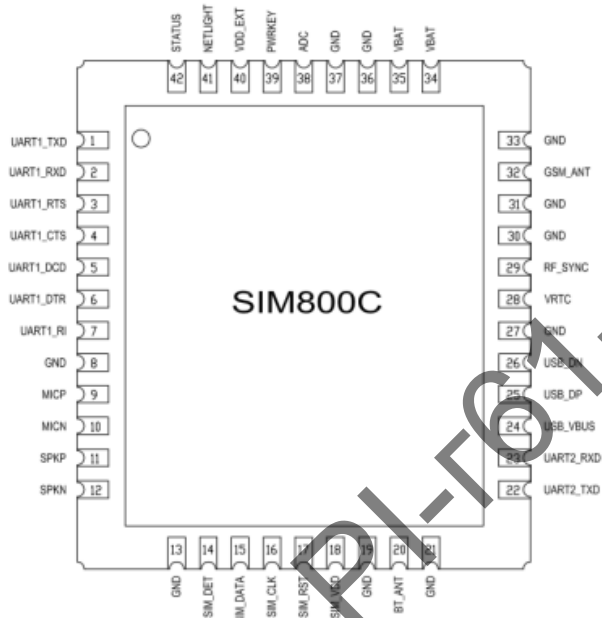


Рисунок 2.3 — Схема розташування виводів *GSM*-модуля *SIM800C* [11]

Для організації спілкування між процесором та *GSM*-модулем задіяно порт *UART1_RX*, за допомогою якого модуль отримує запити від процесора, порт *UART1_TX*, за яким модуль відправляє відповіді на запити процесора, *UART1_RI* для забезпечення реакції на появу вхідного дзвінка.

Для підключення антени задіяно окремий порт *GSM_ANT*, призначений саме для цього.

Для живлення модуля використовуються порти *VBAT*, куди подається живлення для модуля, а для увімкнення модуля задіяно порт *PWRKEY*, який призначений для запуску модуля підтягується на мінус на час близько 1 секунди.

Порт *SIM_VDD* призначений для подачі живлення на сім-картку. Порт *SIM_DATA* для обміну даними між сім-картою та модулем, *SIM_RST* — для здійснення перезапуску сім-картки, *SIM_CLK* — для отримання даних точного часу від сім-картки.

Окрім того, в технічній документації на GSM-модуль SIM800C, виробником, для запобігання пошкодженню модуля розрядом статичної напруги, рекомендовано підключення портів *SIM_CLK*, *SIM_RST* та *SIM_VDD* через резистори опором 51 Ом.

А також, для явного відображення працездатності модуля задіяно порт *NETLIGHT*, на який підключено світлодіод індикації.

Напруга живлення модуля, рекомендована компанією-виробником складає 4 Вольти. На рисунку 2.4 зображено, рекомендоване технічною документацією на модуль, коло організації живлення даного GSM-модуля.

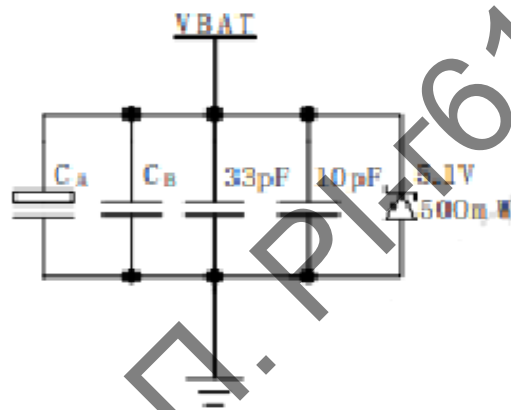


Рисунок 2.4 — Рекомендоване коло живлення модуля [11]

Схему підключення порту *PWRKEY*, за допомогою якого здійснюється запуск GSM-модуля, організовано також з урахуванням рекомендацій, які виробник даного модуля зазначив в технічній документації та зображено на рисунку 2.5.

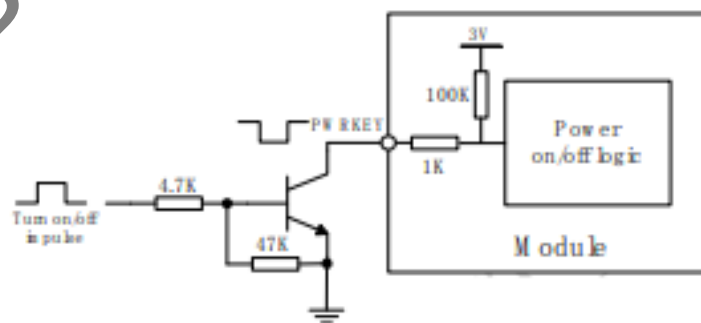


Рисунок 2.5 — Рекомендована схема підключення порту запуску модуля [11]

Далі, відповідно, необхідно обрати елемент, за допомогою якого буде можливою реалізація всього необхідного набору функцій розроблюваного

пристрою, тобто процесора. Знову ж таки, після проведення аналізу варіантів, які доступні на ринку, огляду цінових пропозицій та запропонованих їх функціональних можливостей і зіставлення їх з необхідним функціоналом, вибір зупинено на мікропроцесорі *STM32F030F4P6* [12] виробництва компанії *STMicroelectronics*, який за порівняно невеликої вартості містить в собі доволі широкий набір функцій. На рисунку 2.6 зображено зовнішній вигляд мікропроцесора *STM32F030F4P6*.

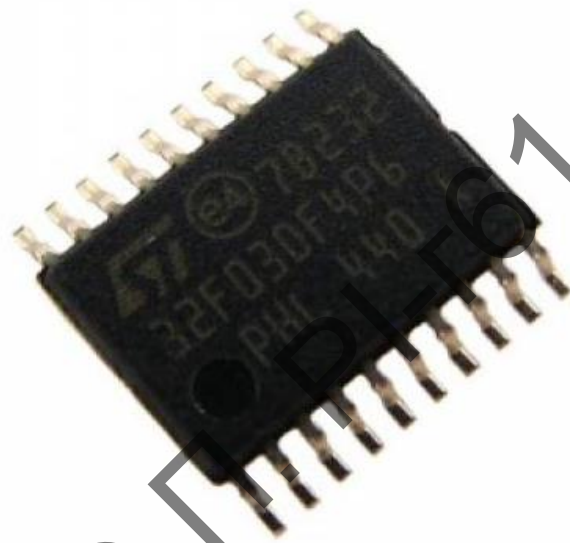


Рисунок 2.6 — Зовнішній вигляд мікропроцесора *STM32F030F4P6* [12]

Даний процесор виконаний в корпусі TSSOP20 і має розмір 6,4 мм на 4,4 мм. Напряга живлення, необхідна для функціонування цього мікропроцесора від 2,4 В до 3,6 В. Найоптимальніша напруга живлення процесора, як рекомендує компанія виробник даного елемента, складає 3,3 Вольта.

Виходячи з технічної документації на даний процесор, визначено ті його порти, які необхідні для реалізації сумісної роботи з *GSM*-модулем, та організації повноцінної роботи розроблюваного пристрою в цілому. На рисунку 2.7 зображено схему розташування виводів мікропроцесора *STM32F030F4P6*, який використано для розробки даного *GSM* контролера.

		№ докум.	Підпис			20

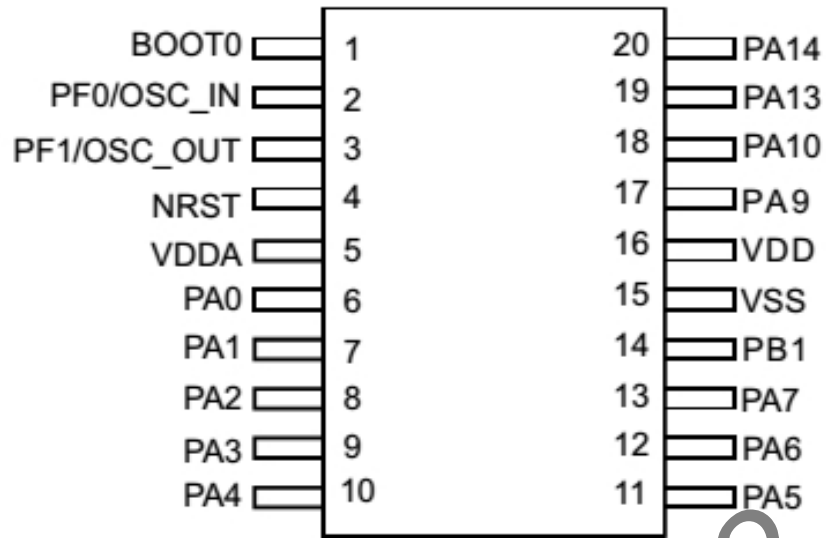


Рисунок 2.7 — Схема розташування виводів мікропроцесора
STM32F030F4P6 [12]

Для забезпечення необхідних функцій розроблюваного пристрою визначено відповідні необхідні для цього порти процесора.

Оскільки живлення приладу 5 В, а для роботи GSM-модуля найоптимальніша напруга живлення складає 4 В, то було обрано мікросхему *MCP1725-ADJE* [13], виконану в корпусі *SOIC8*, в якості понижуючого перетворювача напруги. Окрім цього, живлення 4 В, необхідне для забезпечення підзарядки резервного акумулятора, ємністю 250 мА/г.

Аналогічного характеру виникла ситуація і з забезпеченням живлення процесора. Найоптимальніша, для його роботи, напруга живлення складає 3,3 В, то, для забезпечення цього параметра, додатково було зроблено понижуючий перетворювач з 4 В до 3,3 В на основі інтегральної схеми *MCP1703T-3302E* [14] в корпусі *SOT-23A*. На базі даної мікросхеми можна легко забезпечити стабільну роботу процесора.

Також, за технічною документацією на вищеперелічені компоненти, підбрано необхідну елементну базу для забезпечення стабільної роботи кожного вузла та кінцевого пристрою вцілому.

Враховуючи той факт, що пристрій повинен мати достатньо невеликі габарити, основну частину елементів було обрано поверхневого типу монтажу,

тобто *SMD* (*surface mounted device*). Завдяки цьому пристрій має не тільки компактні розміри, а й невелику вагу. Окрім цього це дає змогу використовувати для паяння автоматичне обладнання, що може значно знизити рівень трудомісткості виготовлення виробу.

2.2 Розробка електричної принципової схеми

Після огляду існуючих варіантів схемотехнічних рішень на ринку, проведення аналізу технічного завдання, було обрано елементну базу для розроблюваного приладу. Спираючись на технічну документацію кожного з елементів та враховуючи їх технічні характеристики, за допомогою програми *Altium Designer* створено бібліотеку елементів.

Для створеної бібліотеки елементів, спираючись на технічні характеристики обраної елементної бази, створено бібліотеку посадочних місць і контактних майданчиків.

Кожен елемент з бібліотеки контактних майданчиків і посадочних місць підключено до відповідного елементу, створеної попередньо, бібліотеки елементів.

Для кожного елементу створено тривимірну модель і підключено її до відповідного елементу для надання можливості подальшої розробки друкованої плати і розміщення елементів на платі таким чином, як це буде виглядати в дійсності на вже готовому пристрої, а також для того, щоб після завершення проектування друкованої плати, було можливо створити тривимірну модель розроблюваного пристрою, яка міститиме в собі друковану плату разом з встановленими на ній елементами.

Зі створеної бібліотеки зібрано схему, де розміщено елементи та підписано електричні кола таким чином, щоб схема була легкочитаною.

Результат розробки схеми електричної принципової наведено на рисунку 2.8.

					PI61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			22

Як видно на схемі, зображеній на рисунку 2.8, *XS1* – стандартний роз'єм *micro-USB* для подачі живлення на пристрій, що додає зручності у використанні приладу, оскільки це універсальний роз'єм і, відповідно, кабелі до нього широко розповсюджені. Окрім того він значно знижує ризик переполюсовки вхідного живлення. Але в якості додаткового захисту передбачено діод *VD2*. Далі встановлено *DA1*. Дана мікросхема виконує роль перетворювача напруги та забезпечує напругу живлення, необхідну для роботи *GSM*-модуля та зарядки резервного акумулятора. Далі по схемі йде коло заряду акумулятора, за допомогою якого забезпечуються умови для коректної його підзарядки, а також забезпечується робота пристрою від резервного акумулятора, при цьому захищаючи сам акумулятор від глибокого розряду, а, відповідно, й від виходу його з ладу. Наступним у колі живлення встановлено перетворювач *DA2*, який робить з 4 В, необхідні для роботи процесора 3,3 В.

Обмін даними між мікропроцесором та *GSM*-модулем здійснюється портами *UART_RX/TX*. Окрім того за допомогою транзистора *VT5* процесор керує організацією подачі живлення на модуль. А за допомогою транзистора *VT7* керує запуском модуля.

XS2 – тримач для сім-карти формату nano. *WA1* – *SMA*-роз'єм для підключення *GSM*-антени.

K1 та *K2* – реле для керування навантаженням.

X2 та *X4* – контакти реле або ж провідних зон чи керованих виходів, в залежності від виконання пристрою.

HL1, *HL2* та *HL3* – світлодіоди індикації.

Окрім того у разі виготовлення пристрою в інших виконаннях, можуть бути додатково встановлено *DD1* та *DD2*.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЮ

3.1 Вибір та обґрунтування матеріалу друкованої плати

Для того, щоб виготовити друковану плату необхідно обрати діелектричний матеріал для основи друкованої плати, матеріал для друкованих провідників та матеріал захисного покриття.

В якості ізоляційного матеріалу використовують в основному гетинакс і склотекстоліт, в залежності від того, для чого призначається друкована плата. Оскільки мідь володіє високими провідними властивостями, то фольгу виготовляють, переважно, саме з неї.

Ці матеріали формуються в декілька шарів у вигляді жорстких листів, які з'єднуються між собою гарячим пресуванням за допомогою спеціальної сполучної речовини. В основному, в якості такої сполучної речовини використовується епоксидна смола, але в деяких випадках це може бути фторопласт або силіконові чи поліефірні смоли.

Від поєднання матеріалів залежать і характеристики вже готової друкованої плати.

Розрізняють декілька видів матеріалів для виготовлення діелектричної основи друкованої плати, в залежності від того, що взяте за основу і, що використане в якості просочувального матеріалу.

Фенольний гетинакс — являє собою паперову основу, яка просочена фенольною смолою. Оскільки такі плати дуже дешеві, то вони, в основному, використовуються в побутовій апаратурі.

Епоксидний гетинакс — аналогічно до попереднього, це паперова основа, але просочена епоксидною смолою.

Епоксидний склотекстоліт — в якості основи лежить склотканина, яка просочена епоксидною смолою. Висока механічна міцність і хороші електричні властивості є основними перевагами такого матеріалу.

					PI61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			25

Достатньо високими повинні бути міцність на вигин і ударна в'язкість друкованої плати, щоб вона могла без ушкоджень бути навантажена встановленими на неї елементами порівняно великої маси.

Зазвичай, шаруваті пластики на фенольному або епоксидному гетинаксі не використовуються в платах з металізованими отворами. В таких видах плат на стінки отворів наносять тонкий шар міді. Оскільки температурний коефіцієнт розширення міді в декілька разів менше, ніж у фенольного гетинаксу, то через це при термоударі, під вплив якого плата потрапляє під час машинної пайки, в металізованому шарі на стінках отворів можуть утворитись тріщини. А це значно знижує надійність з'єднання. При використанні епоксидного склотекстоліту такий ризик дуже малий. Друковані плати, виготовлені з епоксидного склотекстоліту, мають меншу деформацію, ніж друковані плати, виготовлені з фенольного або епоксидного гетинаксу. Основні характеристики матеріалів, що найчастіше використовуються для виготовлення друкованих плат, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Основні характеристики найпоширеніших матеріалів для виготовлення друкованих плат

Тип матеріалу	Максимальна робоча температура, °C	Опір ізоляції, МОм	Об'ємний опір, МОм	Час пайки при температурі 260°C, с
Фольгований гетинакс	110 – 120	1000	$1 * 10^4$	5
Епоксидний текстоліт	110 – 120	1000	$1 * 10^5$	10
Фольгований склотекстоліт	130 – 150	10000	$1 * 10^6$	20

Для виготовлення друкованої плати під розроблюваний пристрій вибір зупинено на склотекстоліті *FR-4*, який призначений саме для використання в радіоапаратурі і розрахований на роботу приладів в діапазоні температур від -60°C

до +125°C. Він являє собою зпресовану склотканину яка просочена сполучувачем, а з двох або з одного боку покрита мідною фольгою. Більш детальні параметри склотекстоліту марки *FR-4* [15] наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 — Параметри склотекстоліту марки FR-4

Параметр	Значення
Пробивна напруга паралельно шарам, при температурі 90°C в трансформаторному мастилі	≥ 40 кВ
Електрична міцність перпендикулярно шарам температурі 90°C в трансформаторному мастилі	$\geq 14,2$ МВ/м
Щільність	1,7 – 1,9 г/м ³
Стійкість на вигин перпендикулярно до шарів за нормальних умов	≥ 340 МПа
Ізоляційний опір при зануренні у воду	$\geq 5 \cdot 10^8$ W
Ударна міцність на вигин паралельно до шарів	≥ 33 кДж/м ²
Водопоглинання	≤ 19 мг
Діелектрична проникність при 50 Гц	5,5
Тангенс кута втрат при 50 Гц	0,04
Діелектрична проникність при 1 МГц	5,5
Тангенс кута втрат при 1 МГц	0,04

Для замовлення друкованої плати обрано склотекстолітову основу товщиною 1,6 мм, покриту шаром фольги товщиною 35 мкм.

3.2 Розрахунки елементів друкованого монтажу

Максимальний струм, який може пропускати доріжка на друкованій платі, залежить від її ширини. Саме тому необхідно визначити ширину провідників.

Ширина доріжок розраховувалась в залежності від того, який струм через них протікає. Розрахунок здійснювався за формулою:

$$S = \frac{I}{(k\Delta t^b)^{1/c}} \quad (3.1)$$

де Δt – зміна температури, в градусах °C; k, b, c – константи зі стандарта IPC-2221

– k = 0,048;

					<p style="text-align: center;">PI61.425539.001 ПЗ</p>		27
	№ докум.	Підпис					

- $b = 0,44$;
- $c = 0,725$.

Результати розрахунку доріжок наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 1.1—Результати розрахунків силових доріжок.

Назва доріжки	Ширина доріжки
VCC_GSM	2 мм
VBAT	1 мм
VCC_5V	2 мм
IN1, IN2, OUT1, OUT2,	0,6 мм
ANT	1,3 мм

Окрім того, при виконанні розрахунків, дотримано рекомендацій, зазначених виробниками компонентів.

3.3 Проектування електронного модуля

Друкована плата розроблена за схемою приладу з урахуванням характеристик кожного елементу схеми та правил розміщення, зазначених виробниками в технічній документації на кожен з елементів.

Для забезпечення зручності експлуатації всі основні елементи управління та індикації, тобто тримач для SIM-картки, світлодіоди індикації, роз'єми та кнопку, розташовано з одного боку плати.

Оскільки плата призначена для виготовлення в кількох варіантах схематичних рішень і, відповідно, різних варіантах кінцевого пристрою, то форма та розміри плати підбрано під потреби одного з варіантів виконання розроблюваного пристрою, який передбачено, на відміну від інших, експлуатувати в корпусі. Окрім того елементи розташовано таким чином, щоб забезпечити можливість безперешкодного закріплення резервного акумулятора таким чином, щоб він не виходив за межі плати.

Проектування друкованої плати виконано в середовищі *Altium Designer*.

В залежності від величини напруги та від того, якої величини струми будуть протікати в доріжках, розраховано її розміри. Виходячи з того, що по сигнальних друкованих провідниках будуть протікати струми, величина значень яких не

виходить за межу значень одиниць виміру мкА, то сигнальні друковані провідники мають ширину 0,2 мм. Для заощадження місця на друкованій платі та запобігання виникненню завад, сигнальні доріжки проведені якомога ближче одна до одної та, наскільки це можливо, далеко рознесені з силовими друкованими провідниками. Результати проектування друкованої плати наведено на рисунках 3.1 та 3.2.

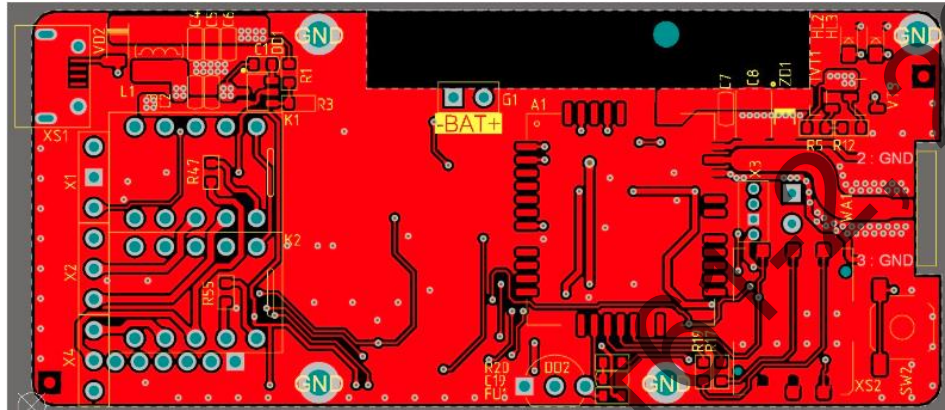


Рисунок 3.1 — Зовнішній вигляд верхнього шару моделі друкованої плати

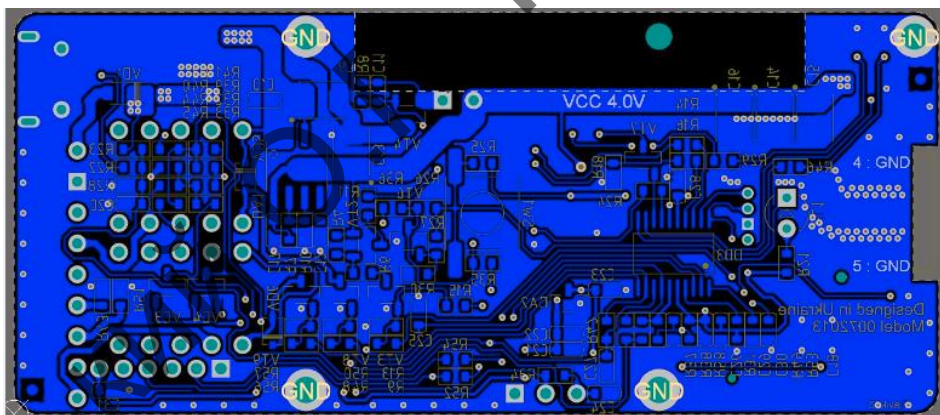


Рисунок 3.2 — Зовнішній вигляд нижнього шару моделі друкованої плати

Після завершення проектування друкованої плати, за допомогою програми *Altium Designer* створено тривимірну модель розроблюваного пристрою з зображенням усіх тривимірних моделей елементів, які можуть бути встановлені на плату. Тривимірну модель пристрою зображено на рисунку 3.3.

	№ докум.	Підпис		

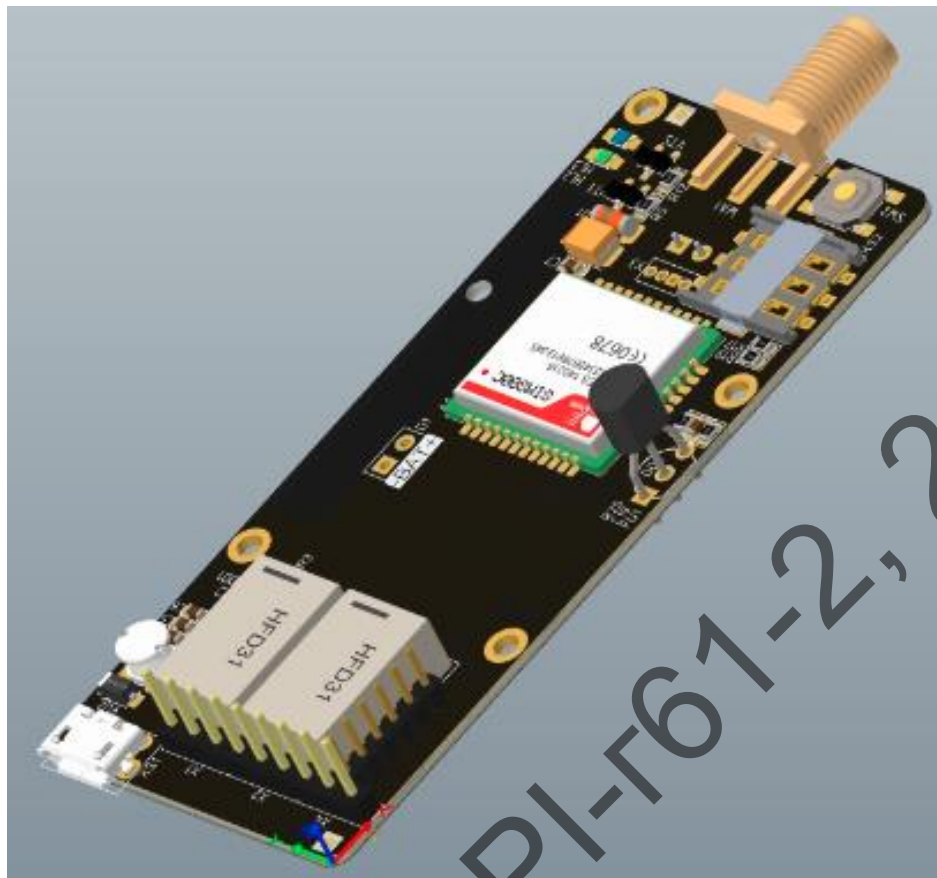


Рисунок 3.3 — Тривимірна модель друкованої плати

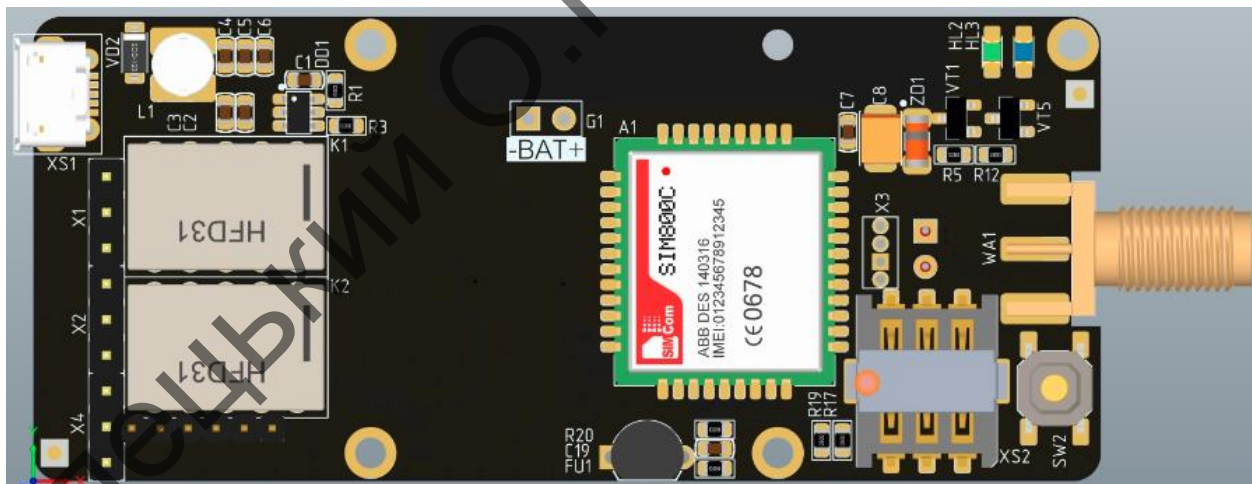


Рисунок 3.4 — Зовнішній вигляд верхнього боку моделі пристрою

На рисунку 3.4 зображено зовнішній вигляд верхньої сторони моделі пристрою, де розміщено *GSM*-модуль, роз’єм *micro-USB*, світлодіоди індикації, кнопку та тримач для сім-картки.

	№ докум.	Підпис		

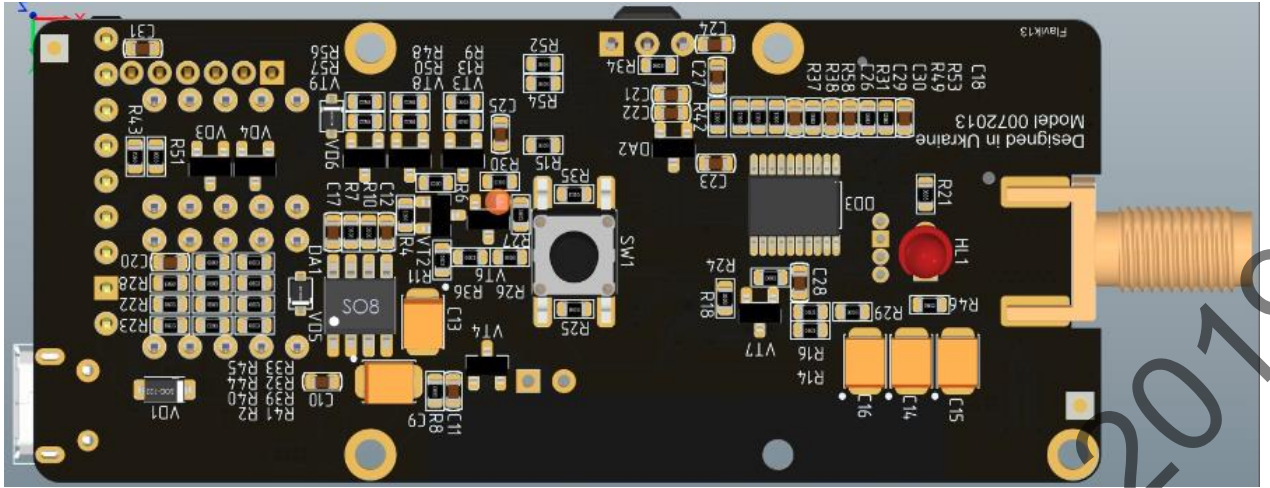


Рисунок 3.5 — Зовнішній вигляд нижнього боку моделі пристрою

На рисунку 3.5 проілюстровано зовнішній вигляд нижньої сторони моделі пристрою, де розташований мікропроцесор та інші елементи.

Також на рисунку 3.4 і 3.5 видно, яким чином повинен бути встановлений роз'єм *micro-USB* та *SMA*-роз'єм, призначений для підключення *GSM* антени.

Окрім того добре видно яким чином повинні бути встановлені реле, які відповідають за керування навантаженням і де знаходяться отвори для кріплення плати в корпус, в разі її виготовлення у відповідному схематичному виконанні.

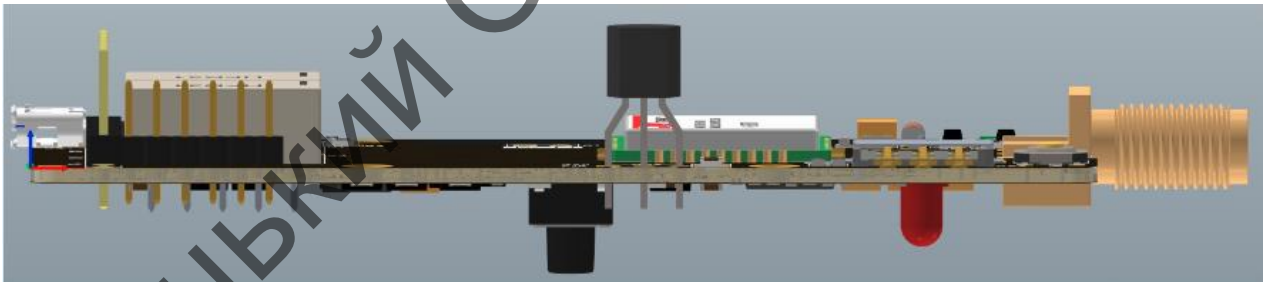


Рисунок 3.6 — Зовнішній вигляд бокової сторони моделі пристрою

На рисунку 3.6 зображено зовнішній вигляд моделі пристрою з бокової сторони, де видно як повинні бути встановлені елементи і на яку відстань вони виступають від поверхні друкованої плати та наскільки виходять за межі плати.

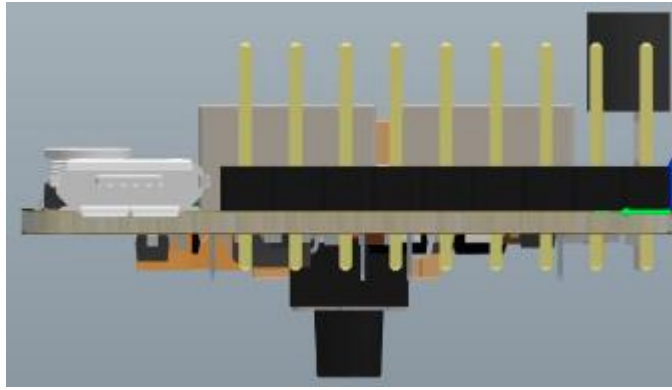


Рисунок 3.7 — Зовнішній вигляд моделі пристрою з боку *micro-USB* роз'єма

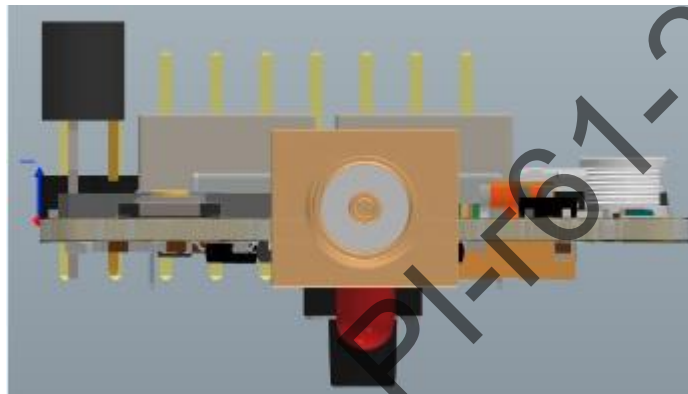


Рисунок 3.8 — Зовнішній вигляд моделі пристрою з боку *SMA* роз'єма

На рисунках 3.7 та 3.8 зображено зовнішній вигляд моделі пристрою з боку *SMA* роз'єма для підключення *GSM* антени та з боку *micro-USB* роз'єма для подачі живлення на прилад.

		№ докум.		Підпис					PI61.425539.001 ПЗ	32

4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДУ ТА АНАЛІЗ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

4.1 Проектування приладу

Прилад передбачено використовувати без корпусу, проте на основі даної плати можуть бути виготовлені декілька пристроїв, де передбачено використання приладу в корпусі. Корпус виготовляється на замовлення сторонньою компанією і відсутній у вільному доступі, тому його характеристики не представлені.

На рисунку 4.1 зображено модель вигляду пристрою, розміщеного в корпусі.

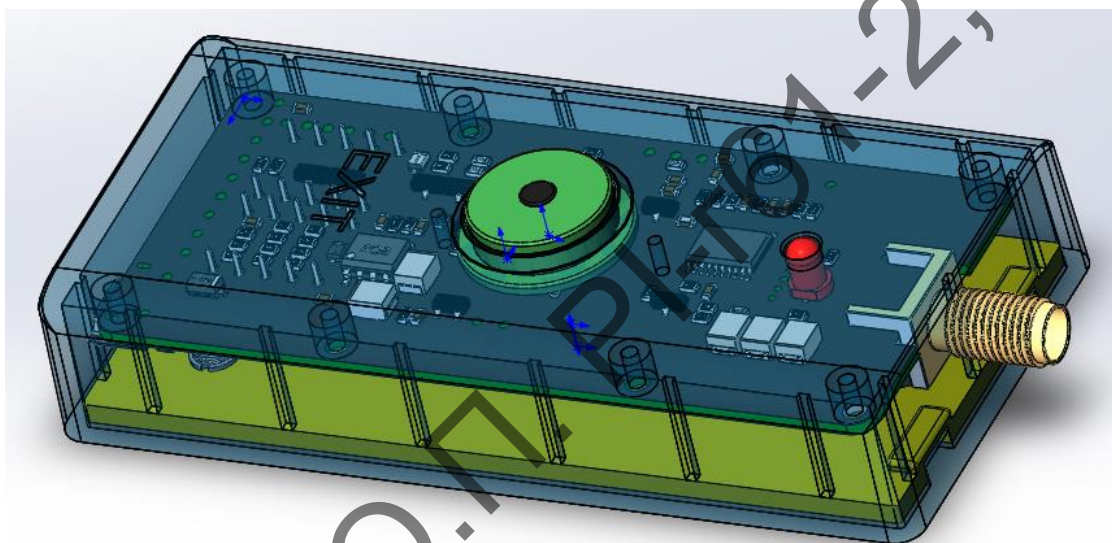


Рисунок 4.1 — Модель вигляду пристрою в корпусі

Кріплення плати в корпусі передбачається за допомогою гвинтів.

В корпусі передбачено отвори для антени, роз'єма живлення та індикативного світлодіода, а також присутній рухомий елемент, призначений для забезпечення можливості натискання кнопки (для іншого виконання пристрою).

4.2 Розрахунок пристрою на надійність

Розрахунок пристрою на надійність виконується за формулою 4.1

$$P(x) = 0,5 \left\{ \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{1-x}{v\sqrt{2x}} \right) \right] + e^{\frac{x}{v^2}} \left[\left[1 + \operatorname{erf} \left(-\frac{1-x}{v\sqrt{2x}} \right) \right] \right] \right\}, \quad (4.1)$$

де $P(x)$ – імовірність безвідмовної роботи пристрою;

					PI61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			33

$\operatorname{erf}(x)$ – функція інтеграла помилок;

ν – коефіцієнт варіації ($\nu=1$);

λ_p – інтенсивність відмов ЕРЕ;

λ_0 – середньостатистична інтенсивність відмов ЕРЕ;

K_1 – функція температури та коефіцієнта навантаження $K_1=f(\theta, K_n)$, де θ – температура ЕРЕ, °C, K_n – коефіцієнт навантаження;

K_2 – рівень механічних експлуатаційних впливів (вібрацій та ударів).

Спочатку визначається розрахункова інтенсивність ЕРЕ λ_p , після цього, шляхом розв'язання рівняння 4.2, визначається середній наробіток до відмови:

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{T_0}{2\pi t_b^3}} \exp\left[-\frac{(t_b - T_0)^2}{2t_b T_0}\right], \quad (4.2)$$

, де T_0 – середній наробіток до відмови;

t_b – тривалість випробувань ($t_b=3 \cdot 10^4$).

Після визначення T_0 , приймається значення $\mu=T_0$, задається необхідний час роботи t , а показники надійності ЕРЕ визначаються в залежності від параметра $x=t/\mu$ та коефіцієнта варіації ν .

Інтенсивність відмов діодів та діодних збірок визначається за формулою 4.3:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_\phi K_{s1}, \quad (4.3)$$

де λ_0 визначається за таблицею (П1.8, [9]), K_p – коефіцієнт режиму роботи пристрою, який залежить від температурних параметрів навколишнього середовища та струмового навантаження; визначається за таблицею [П1.9-1.14, 9], K_ϕ – коефіцієнт, який враховує функціональне призначення пристрою, визначається за таблицею [П1.15, 9], K_{s1} – коефіцієнт, який враховує відношення робочої напруги до максимально допустимої за ТУ, визначається за таблицею [П1.16, 9].

Інтенсивність відмов керамічних конденсаторів визначається за формулою 4.4:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_C \quad (4.4)$$

Інтенсивність відмов електролітичних конденсаторів визначається за формулою 4.5:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_T K_C, \quad (4.5)$$

де λ_0 визначається за таблицею [П1.33, 9], K_C – коефіцієнт, який враховує номінальну ємність та математичну модель розрахунку для окремих груп конденсаторів, визначається за таблицею [П1.35, 9], K_T – температурний коефіцієнт, який залежить від температур навколишнього середовища для імпульсних конденсаторів, визначається за таблицею [П1.37, 9], K_p визначається за таблицею [П1.34, 9].

Інтенсивність відмов біполярних транзисторів визначається за формулою 4.6:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_{\Phi} K_{S1} \quad (4.6)$$

Інтенсивність відмов резисторів визначається за формулою 4.7:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_R \quad (4.7)$$

Інтенсивність відмов мікросхем визначається за формулою 4.8:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_{C,T} K_{\text{корп}}, \quad (4.8)$$

де λ_0 визначається за таблицею [П1.4, 9], $K_{C,T}$ – коефіцієнт режиму, який враховує складність інтегральних мікросхем та температуру навколишнього середовища, визначається за таблицею [П1.5, 9], K_U – коефіцієнт, який враховує вплив максимальних значень напруг живлення, визначається за таблицею [П1.6, 9], $K_U=1$, $K_{\text{корп}}$ – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу корпусу інтегральних мікросхем ($K_{\text{корп}} = 3$, для пластмасових корпусів).

Результати розрахунків відображено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 — Результати розрахунку пристрою на надійність.

3) Процедура запису та видалення телефонних номерів користувачів в пам'ять пристрою.

12341NPHONE, де **N** — цифра від 1 до 8 і відповідає за номер користувача в пам'яті пристрою, **PHONE** — телефонний номер користувача, який повинен бути записаний в міжнародному форматі. Попередньо записаний під цим номером користувача номер телефону в пам'яті пристрою автоматично зміниться на нове значення. Наприклад, 123411+380951111111, 12+380932222222, 13+380673333333. Таким чином в пам'ять пристрою запишуться номери телефонів +380951111111, +380932222222, +380673333333 Користувачів 1, 2 і 3 відповідно.

12342N де **N** — цифра від 1 до 8 і відповідає за номер користувача в пам'яті пристрою. Видалення «Користувача-N» з пам'яті пристрою. Наприклад, +123422,23 – з пам'яті пристрою видаляться номери «Користувачів-2,-3».

4) Порядок зміни коду управління.

123433CODE — команда зміни секретного коду для керування пристроєм за допомогою *SMS* -команд, де **1234** – старий секретний код (котрий стоїть за замовчанням), **CODE** — новий секретний код від **0000** до **9999**. Наприклад, після відправки на пристрій команди 1234330000 код управління зміниться на **0000**, 1234334321 запишеться новий код **4321**.

5) Загальна конфігурація приладу.

1234##CONFIG — команда зміни загальних налаштувань пристрою, де **CONFIG** — комбінація з 13 цифр, що задає режим роботи пристрою. Цифра «0» – вимкнено, «1» – ввімкнено.

Перша цифра — змінює режим реагування пристрою при отриманні вхідного дзвінка користувача. Значення «1» – авто підняття трубки при отриманні вхідного дзвінка від користувача. Використовується для керування тоновими командами під час з'єднання з пристроєм. За заводськими налаштуваннями ввімкнений цей режим. Значення «2» – пристрій відхиляє виклик, при цьому змінюючи стан вихіду-1 на протилежне значення. Незалежно від того, який режим роботи обрано, при отриманні вхідного дзвінка з номеру, який не прописаний в пам'яті пристрою, відбувається лише відхилення виклику.

Робоче приміщення оснащується природним і штучним освітленням відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Природне освітлення здійснюється через світлові прорізи, які орієнтовані переважно на північ чи північний схід та обладнані регулювальними пристроями (жалюзі, завіски, зовнішні козирки). Приміщення обладнано системами водяного опалення, кондиціонування та припливно-витяжною вентиляцією — відповідно до ДСанПіН 2.04.05-91 «Опалення, вентиляція і кондиціонування» (Опалення, вентиляція і кондиціонування). Заземлені конструкції приміщення (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі з заземленим відкритим екраном тощо) надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику.

Для внутрішнього оздоблення приміщень з ВДТ використовують дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7–0,8, для стін 0,5–0,6. Покриття підлоги матове з коефіцієнтом відбиття 0,3–0,5. Поверхня підлоги має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями.

Стіни, стелю та підлогу приміщення оздоблено матеріалами, які дозволені органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду. Категорично забороняється застосування полімерних матеріалів (деревостружкових плит, шпалер, що можна мити, рулонних синтетичних матеріалів, шаруватого паперового пластику, тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

Під час розміщення робочих місць з ВДТ та ПК повинні бути витримані такі відстані: від стін зі світловими прорізами не менше 1 м; між бічними поверхнями ВДТ не менше 1,2 м; між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не менше 2,5 м; прохід між рядами робочих місць не менше 1 м.

Робочі місця з ВДТ щодо світлових прорізів повинні бути розміщені так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

Екран ВДТ і клавіатура розміщені на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків і символів. Відстань від екрана до ока працівника має бути залежно від діагоналі екрана:

35/38 см (14/15") - 600...700 мм;

								PI61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.		Підпис					46

43 см (17")	- 700...800 мм;
48 см (19")	- 800...900 мм;
53 см (21")	-900...1000 мм.

Розміщення екрана ВДТ забезпечує зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом $\pm 30^\circ$ від лінії зору працівника.

Виробниче приміщення, в якому проводиться розробка програмного забезпечення, повністю відповідає всім зазначеним вище вимогам.

5.2.2 Мікроклімат робочої зони

На стан здоров'я та самопочуття людини під час роботи впливають такі фактори, як температура, відносна вологість, швидкість повітря. Значні коливання параметрів мікроклімату призводить до порушення терморегуляції організму, тобто можливості організму підтримувати сталу температуру. Це призводить до порушення систем кровообігу, нервової і потовидільної, що може викликати підвищення чи зниження температури тіла, слабкість, головокружіння, а іноді й неприємність.

Мікроклімат у виробничих умовах визначається наступними параметрами: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря й інтенсивністю теплового випромінювання на робочому місці, температурою поверхні.

В умовах праці можуть виконуватися роботи, що не потребують фізичної напруги. Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні дотримуються вимог ДСанПіН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» та встановлюють оптимальне й припустиме значення параметрів мікроклімату залежно від періоду року й категорії робіт. У таблиці 6.1. наведені оптимальні й припустимі значення параметрів мікроклімату для категорій тяжкості робіт «Ia» (роботи, виконувані сидячи й не потребуючі фізичної напруги при витраті енергії не більше 120 ккал/година).

Таблиця 5.1 — Параметри мікроклімату

Параметри	Холодний період	Теплий період
-----------	-----------------	---------------

Для правильного визначення необхідних засобів та заходів захисту від ураження електричним струмом необхідно знати допустимі значення напруг доторкання та струмів, що проходять через тіло людини.

Виробниче приміщення відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки, де відсутні умови, що створюють підвищену чи особливу небезпеку, оскільки:

- відносна вологість повітря не перевищує 75%;
- матеріал полу – лінолеум (діелектрик);
- температура повітря не перевищує 25°C;
- застосовані заходи по техніці безпеки, що виключають можливість одночасного доторкання людини до металоконструкцій будівлі, апаратам, механізмам, металічним корпусам, які мають з'єднання з землею та до електропровідних елементів електрообладнання, що використовується.

В приміщенні використовується 3-х фазна мережа з глухо заземленою нейтраллю і зануленням згідно правил улаштування електроустановок – ПУЕ-2017. Опір заземлення нейтралі не перевищує 3,7 Ом, що задовольняє вимогам ПУЕ-2017, оскільки для установок з напругою 1000 В заземлення повинно бути не більше 4 Ом. На випадок короткого замикання (КЗ) на розподільчому щиті передбачені автоматичні вимикачі.

В таблиці 6.2. приведені граничнодопустимі значення напруг електрообладнання з напругою до 1000 В в електромережі з глухо-заземленою нейтраллю при частоті 50 Гц за ПУЕ-2017.

Таблиця 6.2 — Гранично допустимі значення напруг згідно ПУЕ-2017

t, с	До 0,1	0,2	0,5	0,7	0,9	>1 с до 5 с
U, В	500	400	200	130	100	65

Допустима сила струму при дотику до струмовідних частин електрообладнання згідно ІЕС 60479:

Наднизька (мала) напруга:

- 50 В (змінний струм 50 Гц);
- 120 В (постійний струм).

5.3 Організація безпечних та комфортних умов праці на робочих місцях

ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні норми і правила роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» встановлює норми щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК. Дотримання вимог цих правил може значно знизити наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують роботу з відеодисплейними матеріалами, зокрема можливість зорових, нервово-емоційних переживань, серцево-судинних захворювань.

Для того щоб забезпечити точне та швидке зчитування інформації в зоні найкращого бачення, площина екрана монітора виставлена перпендикулярно нормальній лінії зору. При цьому передбачена можливість переміщення монітора навколо вертикальної осі в межах $\pm 30^\circ$ (справа наліво) та нахилу вперед до 85° і назад до 105° з фіксацією в цьому положенні. Клавiатура розміщена на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю. Кут нахилу клавiатури до столу обрано в межах від 5° до 15° так, що зап'ястя на долонях рук розташовуються горизонтально до площини столу. Таке положення клавiатури зручне для праці обома руками.

Робочі місця з ПК розташовано відносно від стіни з вікнами на відстані не менше 1,5 м, від інших стін – на відстані 1 м, відстань між собою – не менше ніж 1,5 м. Причому так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів ПК передбачені сонцезахисні жалюзі.

Штучне освітлення робочого місця, обладнаного ПК, здійснюється системою загального рівномірного освітлення. Як джерело штучного освітлення мають застосовуватись люмінесцентні лампи ЛБ.

Вимоги до освітлення приміщень та робочих місць під час роботи з ПК:

- освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, який визначається трьома параметрами: об'єктом розрізнення –

найменшим розміром об'єкта, що розглядається на моніторі ПК; фоном, який характеризується коефіцієнтом відбиття; контрастом об'єкта і фону;

- необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яскравості на робочій поверхні монітора, а також в межах навколишнього простору;

- на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;

- в полі зору не повинно бути відблисків (підвищеної яскравості поверхонь, які світяться та викликають осліплення);

- величина освітленості повинна бути постійною під час роботи;

Тривалість регламентованих перерв під час роботи з ПК становить 10 хвилин через кожну годину роботи .

Для зниження нервово-емоційного напруження, втоми зорового аналізатора, для поліпшення мозкового кровообігу і запобігання втомі доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, які передбачені ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Активний відпочинок має полягати у виконанні комплексу гімнастичних вправ, спрямованих на зняття нервового напруження, м'язове розслаблення, відновлення функцій фізіологічних систем, що порушуються протягом трудового процесу, зняття втоми очей, поліпшення мозкового кровообігу і працездатності.

За умови високого рівня напруженості робіт з ВДТ показане психологічне розвантаження у спеціально обладнаних приміщеннях (в кімнатах психологічного розвантаження) під час регламентованих перерв або в кінці робочого дня.

5.3.1 Психофізіологічне розвантаження

При проведенні сеансів психофізіологічного розвантаження під час роботи працівників використовують деякі елементи методу аутогенного тренування, який ґрунтується на свідомому застосуванні комплексу взаємопов'язаних прийомів психічної саморегуляції й виконанні нескладних фізичних вправ з словесним самонавіюванням. Головна увага при цьому приділяється набуванню й закріпленню навичок м'язового розслаблення (релаксації).

У разі потреби на фоні музичних програм можуть вимовлятися окремі фрази навіювання відпочинку, гарного самопочуття і на заключному етапі – бадьорості.

Після сеансів психофізіологічного розвантаження у працівників зменшується відчуття втоми, з'являються бадьорість, гарний настрій.

5.4 Заходи з ергономіки

Робоче місце – це частина простору, в якому інженер здійснює трудову діяльність, і проводить більшу частину робочого часу. При правильній організації робочого місця продуктивність праці робітника зростає з 8 до 20 відсотків. Розглянемо питання та заходи з ергономіки.

Конструкція робочого місця і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам.

Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця повинні бути дотримані наступні основні умови, крім попередньо зазначених:

- оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення;

Головними елементами робочого місця є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Яким чином організовується робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи зображено на рис. 5.1.

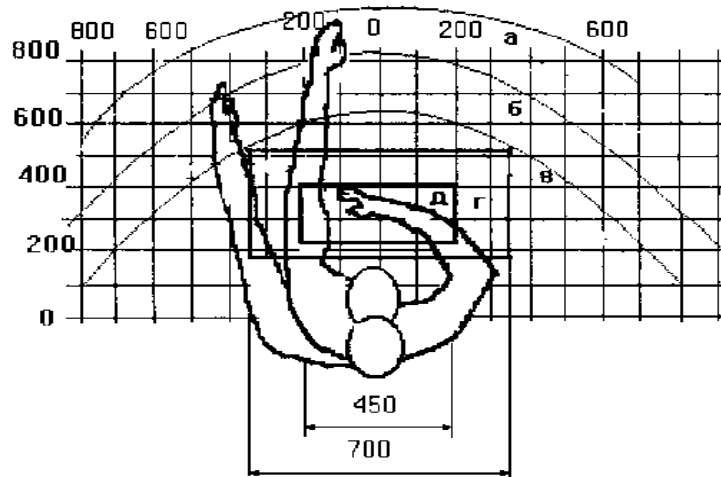


Рис. 5.1 — Зони досяжності рук в горизонтальній площині

- а - зона максимальної досяжності;
- б - зона досяжності пальців при витягнутій руці;
- в - зона легкої досяжності долоні;
- г - оптимальний простір для грубої ручної роботи;
- д - оптимальний простір для тонкої ручної роботи.

Розглянемо оптимальне розміщення предметів праці і документації в зонах досяжності рук:

- дисплей розміщується в зоні а (у центрі);
- клавіатура – у зоні г або д;
- паяльна станція та інший інструмент знаходиться в зоні б (праворуч);
- документація: в зоні легкої досяжності долоні – література і документація, необхідна при роботі;
- додаткові матеріали: у висувних ящиках столу.

Параметри робочого місця вибираються відповідно до антропометричних характеристик (рис. 6.2.). При використанні цих даних у розрахунках варто виходити з максимальних антропометричних характеристик.

		№ докум.	Підпис		
PI61.425539.001 ПЗ					55

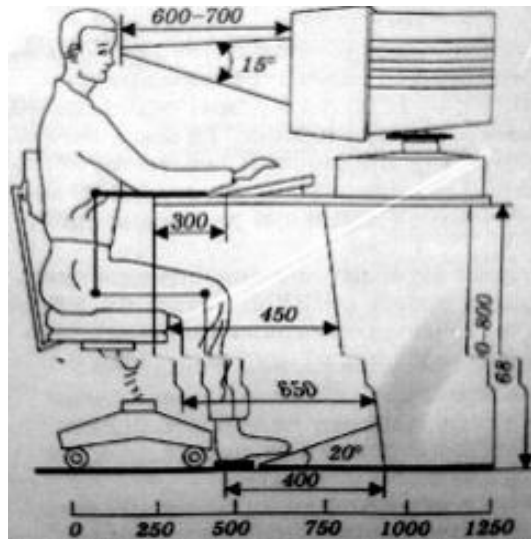


Рис. 6.2. Оптимальні метричні параметри робочого місця (мм)

Організацію робочого місця слід робити таким чином, щоб працівник знаходився в комфортному положенні під час роботи.

5.5 Пожежна безпека та профілактика

Пожежа – це процес неконтрольованого горіння поза спеціальним вогнищем, що розвивається в часі і просторі та є небезпечним для людей, матеріальних цінностей та навколишнього середовища.

Пожежна безпека об'єктів – це такий стан, коли пожежа унеможливується, а при її виникненні забезпечується захист людей та матеріальних цінностей. Пожежна безпека об'єктів забезпечується шляхом створення системи пожежної профілактики та активного пожежного захисту.

Пожежна профілактика – це комплекс організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на запобігання можливого виникнення пожежі та зменшення її негативних наслідків.

Джерелами загорання можуть бути електричні іскри, коротке замикання, перевантаження електропроводки, несправність апаратури, паління в приміщенні. Тому для запобігання пожежі в приміщенні проводяться пожежно-профілактичні заходи: застосування запобіжників в електричних мережах, використання пилонепроникних сполучних і розподільних коробок, а також проводиться інструктаж з техніки пожежної безпеки.

В якості профілактичних заходів для забезпечення пожежної безпеки використовують скриту електромережу, надійні розетки з пожежобезпечних матеріалів, силові мережі живлення устаткування виконувати кабелями, розрахованими на підключення в 3-5 разів більшого навантаження, включати й виключати живлення обладнання за допомогою штатних вимикачів. Треба регулярно робити очистку внутрішніх частин комп'ютерів, іншого устаткування від пилу, розташовувати комп'ютери на окремих неспалюваних столах. Для запобігання іскріння необхідно рідше встромляти і виймати штепсельні ви́лки з розеток.

Для запобігання пожежам розробляють:

- організаційні заходи – правильний добір режиму технологічного процесу, нагляд і контроль, навчання та інше;
- технічні заходи – відповідний монтаж електрообладнання, режим, що виключає іскроутворення або контакт горючих матеріалів з нагрітими поверхнями та інше;
- режимні заходи – заборона куріння, запалювання вогню, контроль за зберіганням мастильних матеріалів, промаслених ганчірок та інше;
- тактико-профілактичні заходи – швидкі дії при пожежі, забезпечення засобами пожежогасіння та інше.

Відповідно до ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань» у приміщенні знаходиться вогнегасник розташований на висоті 1,5 м від підлоги поруч із вихідними дверима.

У коридорі знаходяться коробки, у яких знаходиться пожежний кран і рукав, а також знаходиться вогнегасник типу «ОХП-2».

В обох кінцях коридору знаходяться телефонні апарати, над якими розміщено таблички з номером телефону для виклику міської пожежної охорони.

У робочому приміщенні виконано всі вимоги НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

		№ докум.	Підпис		PI61.425539.001 ПЗ
					57

ВИСНОВОК

1. В процесі проведення аналізу запропонованих рішень визначено, що на ринку не запропоновано контролерів, які б мали ідентичний або хоча б схожий до розробленого пристрою функціонал, при цьому маючи такі ж відносно невеликі розміри.

2. Головними особливостями розробленого приладу є простота налаштування та легкість експлуатації. Окрім цього, невеликі розміри значно розширюють перелік місць, де контролер можна встановити.

3. Даним пристроєм можна керувати не лише за допомогою СМС-команд або здійснення голосового дзвінка, а й за допомогою мобільного додатка, що значно зручніше. Крім того додаток надає можливість не просто керування пристроєм, а й можливість моніторингу в режимі реального часу. Додатково прилад може бути підключено до сервера.

4. Прилад має можливість продовжити свою роботу у випадку, якщо зникне живлення, оскільки має акумулятор, завдяки якому може пропрацювати до трьох годин, при цьому повноцінно зберігаючи роботу свого функціоналу.

5. Прилад повністю відповідає технічному завданню.

					PI61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			59

https://www.elecrow.com/download/SIM800C_Hardware_Design_V1.02.pdf — назва з екрану.

12. Мікропроцесор *STM32F030F4P6* — [Електронний ресурс] — Режим доступу <https://www.terraelectronica.ru/product/1200817> — назва з екрану.

13. MCP1725-ADJE — [Електронний ресурс] — Режим доступу <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22026b.pdf> — назва з екрану.

14. Імпульсний перетворювач *MCP1703T-3302E* — [Електронний ресурс] — Режим доступу <https://ru.mouser.com/ProductDetail/Microchip-Technology/MCP1703T-3302E-CB?qs=gsqZ4L1luKqP0F3TlxYEUw==> — назва з екрану.

15. Характеристики склотекстоліту FR-4 — [Електронний ресурс] — Режим доступу <http://www.pcbpro.ru/materialy-pechatnyh-plat/tech-fr4/> — назва з екрану.

Городецький О.П. РН-61-2, 2019

		№ докум.	Підпис						61

ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Городецький О.П. РІ-Г61-2, 2019

					РІ61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			
						62

ДОДАТОК Б. ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ

Городецький О.П. РІ-Г61-2, 2019

					РІ61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			63

ДОДАТОК В. СПЕЦИФІКАЦІЯ

Городецький О.П. РІ-Г61-2, 2019

					РІ61.425539.001 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			
						64

Городецький О.П. РІ-Г61-2, 2019

					РІ61.425539.003.ПЗ			
		№ докум.	Підпис			Літ.	Арк.	Аркуші
		Городецький О.П.			GSM контролер для дистанційного керування			
	Реценз							
	Н.							
	Затвер							65