

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення  
(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження та розробка пристрою дистанційного керування системою  
тепловізійних вимірювань

Виконав: студент II курсу, групи 8.1532

спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна

техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікроелектронні інформаційні

системи

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації \_\_\_\_\_

(код і назва спеціалізації)

С.В. Пішуков

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.ф.-м.н.,

Світанько М.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент завідувач кафедри електричної інженерії  
та кіберфізичних систем ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ,

професор, д.т.н., Коваленко В.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя  
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**  
**ім. Ю.М. ПОТЕБНІ**

Факультет \_\_\_\_\_  
Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність 153 «Мікро- та наносистемна техніка»  
(код і назва)  
Освітня програма Мікроелектронні інформаційні системи  
(код і назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ЕІСПЗ

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Пішукову Сергію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Дослідження та розробка пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань

керівник роботи Світанько Микола Вікторович, к.ф.-м.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від “01” травня 2023 року № 639-с

2 Строк подання студентом роботи 11 грудня 2023 року

3 Вихідні дані до роботи БПЛА, 10 кГц – 200 МГц, 220 В, 15 В, Microcap, Proteus

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Тепловізори та дистанційні системи їх керуванням 2. Розробка пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань 3. Техніко – економічне обґрунтування 4. Охорона праці та техногенна безпека при розробці системи

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Тепловізійні вимірювання. 2. Структурна схема пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань 3. Електрична схема високочастотного генератора 4. Друкована плата генератора сигналів 5.

Схема генератора шуму пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань 6. Моделювання фільтру НЧ генератора шуму. 7. Моделювання фільтру ВЧ генератора шуму 8. Моделювання роботи генератора шуму в редакторі Proteus

#### 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>I</i>	<i>Світанько М.В., доцент</i>	<i>01.05.2023</i>	<i>01.05.2023</i>
<i>II</i>	<i>Світанько М.В., доцент</i>	<i>01.05.2023</i>	<i>01.05.2023</i>
<i>III</i>	<i>Світанько М.В., доцент</i>	<i>01.05.2023</i>	<i>01.05.2023</i>
<i>IV</i>	<i>Світанько М.В., доцент</i>	<i>01.05.2023</i>	<i>01.05.2023</i>

7 Дата видачі завдання 01 травня 2023 року

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
<i>1</i>	<i>Літературний огляд</i>	<i>21.10.2023</i>	
<i>2</i>	<i>Розрахункова частина</i>	<i>20.11.2023</i>	
<i>3</i>	<i>Техніко-економічне обґрунтування розробки</i>	<i>20.11.2023</i>	
<i>4</i>	<i>Розробка заходів із охорони праці та техногенної безпеки</i>	<i>20.11.2023</i>	
<i>5</i>	<i>Розробка графічної частини роботи</i>	<i>24.11.2023</i>	
<i>6</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>04.12.2023</i>	
<i>7</i>	<i>Нормоконтроль</i>	<i>05.12.2022</i>	
<i>8</i>	<i>Попередній захист роботи</i>	<i>11.12.2023</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Пішуков С.В.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_ Світанько М.В.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

#### Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Верьовкін Л.Л.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## Реферат

Дипломна робота містить 86 сторінок, 25 рисунків, 12 таблиць, 21 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – оптичні тепловізійні системи.

Мета роботи – дослідження і розробка пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань.

Завдання роботи – провести аналіз існуючих дистанційних систем реєстрації температури, та обрати для подальшого аналізу найбільш оптимальну і розробити на її основі систему дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмних забезпечень Proteus, Microcap 5.0.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено інформаційний канал сигнал високої частоти, захищений від зовнішнього втручання сигналами, згенерованими за технологією SST (Spread Spectrum Technology). Це дає змогу значно підвищити пропускну здатність каналу завдяки більшій завадостійкості.

Результати впровадження – макет електронного приладу пройшов випробовування на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – запропоновано подальше удосконалення схеми генератора шуму за рахунок використання операційного підсилювача LT1006 та діода LT1004.

**ТЕПЛОВІЗОР, ГЕНЕРАТОР БІЛОГО ШУМУ, ЧАСТОТНИЙ СПЕКТР, ОПЕРАЦІЙНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ, PROTEUS.**

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення з 01.05.2023 р. по 11.12.2023 р.

## ЗМІСТ

	Стор.
Вступ .....	6
1. Тепловізори та дистанційні системи їх керуванням .....	7
1.1 Тепловізійні вимірювання .....	7
1.2 Тепловізійні вимірювання із використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА).....	8
1.3 Розвиток бездротових інформаційних систем .....	12
1.3.1 Класифікація безпроводних мереж.....	12
1.3.2 Мережі на радіо модемах.....	13
1.3.3 Інтерфейсна безпроводова технологія Bluetooth.....	15
1.3.4 Технологія SST.....	16
1.3.5 Супутникові технології. Технологія VSAT. Системи низькоорбітальних супутників.....	16
1.3.6 Мережі на стільникових модемах.....	18
1.3.7 Системи на базі інфрачервоних каналів.....	22
1.3.8 Радіорелейний зв'язок.....	23
2. Розробка пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань .....	24
2.1 Структурна схема пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань .....	24
2.2 Основні структурні блоки пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань .....	25
2.2.1 Тепловізійна камера .....	25
2.2.2 Передавальний пристрій .....	27
2.2.3 Генератор «білого шуму».....	36
2.3 Моделювання фільтрів нижніх та верхніх частот генератора високочастотних коливань .....	41

2.3.1 Моделювання фільтра нижніх частот генератора високочастотних коливань.....	41
2.3.2 Моделювання фільтра верхніх частот генератора високочастотних коливань .....	44
2.4 Моделювання роботи генератора шуму .....	46
2.5 Подальше вдосконалення схеми генератора шуму.....	47
3. Техніко - економічне обґрунтування виготовлення електронних схем пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань .....	51
3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення електронних схем пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань .....	51
3.2 Розрахунок витрат на виготовлення електронних схем пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань .....	55
4 Охорона праці та техногенна безпека при розробці пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань .....	57
4.1 Характеристика потенційних шкідливих та небезпечних виробничих факторів .....	57
4.2 Заходи з поліпшення умов праці .....	60
4.3 Виробнича санітарія.....	63
4.4 Електробезпека.....	66
4.5 Протижежна безпека.....	68
Висновки та рекомендації.....	72
Перелік посилань.....	74
Додаток 1.....	76

## Вступ

Людське око бачить дуже маленьку частину електромагнітного спектра. Наші «детектори» недосконалі, ми сприймаємо тільки видиме світло, інфрачервоне випромінювання знаходиться за межами можливостей наших очей. Видиме світло займає діапазон довжин хвиль електромагнітного випромінювання від 0,38 до 0,76 мкм, причому середина цього діапазону доводиться на довжину хвилі 0,55 мкм, яка відповідає максимуму сонячного випромінювання. Оскільки весь діапазон електромагнітного випромінювання тягнеться від ангстрем до сотень кілометрів і практично не обмежений ні «зліва», ні «справа», людська цивілізація протягом своєї технологічної історії прагне освоїти ті діапазони випромінювання, де око людини безсилий [1,2].

Сучасні технології дозволяють людським органам зору добре бачити в повній темноті в інфрачервоному спектрі. Така можливість з'явилась завдяки сучасному електронному пристрою, що має досить оригінальну назву — тепловізор. При його використанні зовнішнє — денне чи штучне освітлення зовсім не потрібне. Пристрій формує досить чітке зображення різноманітних фізичних об'єктів на дисплеї чи в оптиці, (в залежності від конструктивних особливостей кожної окремої моделі).

Але, більш досконаліми будуть ті прилади, для керування якими не буде потреби знаходитись у безпосередній зоні вимірювання. Тому, актуальною постає задача створення дистанційних систем вимірювання температури із значних відстаней.

## 1. Тепловізори та дистанційні системи їх керуванням

### 1.1 Тепловізійні вимірювання

Основою тепловізійних вимірювань є поняття того, що світло являється хвилею електромагнітного спектру. В залежності від енергії, якою насичена хвиля, вона може мати різноманітну частоту, яка відповідає різні кольорові температури. Червоний колір містить найменшу кількість енергії, блакитний найбільшу.

При зменшенні енергетичних запасів хвилі її довжина буде зростати. Видимий колір світла при цьому почне перетворюватись з насиченого жовтого на легкий червоний, а потім на червоний. Далі енергії фотонів стає не достатньо для активації зорових клітин на сітківці ока і людина не бачить світла, але це не означає, що хвилі світла зникли. Вони просто перейшли в інфрачервоний спектр з втратою енергії. Саме в даному спектрі й працює пристрій про який було згадано вище, тобто тепловізор (рисунок 1.1) [1,2].

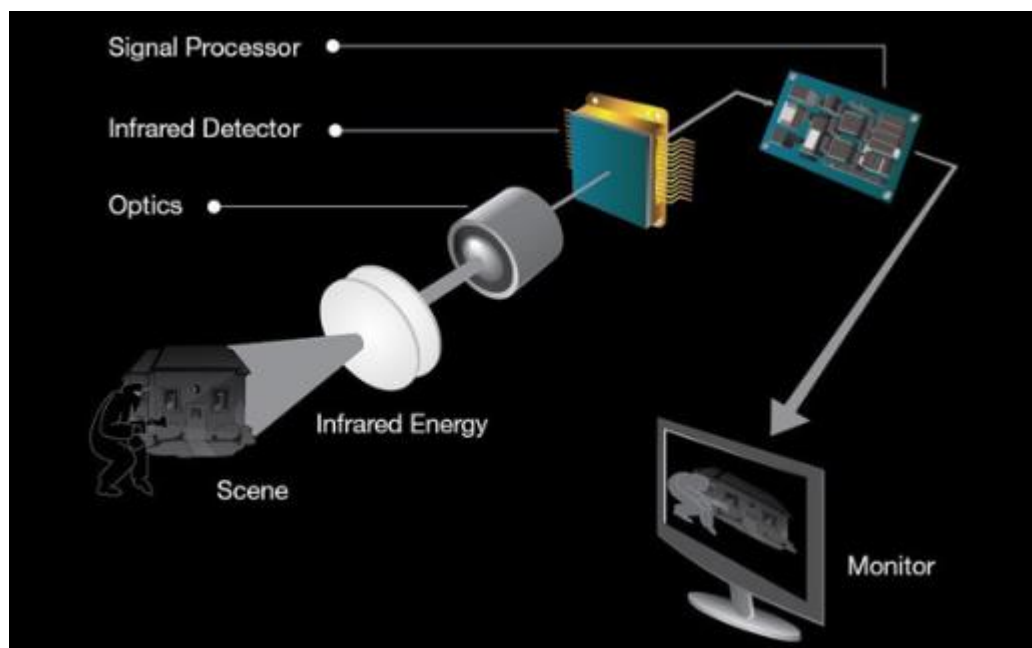


Рисунок 1.1 – Тепловізійна система



Основою конструкції тепловізорів є спеціальна матриця, що має здатність вловлювати самі довгі хвилі інфрачервоного спектру — термальні, (від 3000 до 30 000 нанометрів). З метою фокусування та формування чіткої картини в тепловізорі представлена лінза, яка виготовлена з селеніду цинку або германію [1,2].

Сигнал с фотоматриці перетворюється на електричні імпульси. Дані імпульси процесор згаданого пристрою починає у відповідності до встановленого алгоритму розмальовувати у кольори видимого для нашого зору спектру. Таким чином на дисплеї появляється чітке зображення з різнокольоровими об'єктами, які ми можемо спостерігати. Насправді принцип роботи даного пристрою зовсім не є складним. В цьому можна пересвідчитись з вище приведених слів.

Тепловізори використовують в самих різноманітних галузях і цілях. Наприклад таких, як: охорона об'єктів, проведення військових операцій, енергоаудит з метою виявлення витoku холодоагенту, діагностика, астрономія, пошуково-рятувальні роботи, діагностика будівель з метою виявлення вологи. Це далеко не весь перелік заходів в яких цей пристрій може бути корисним. Досить часто його також використовують для побутових цілей [1-3].

## 1.2 Тепловізійні вимірювання із використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА)

Тепловізійні технології у поєднанні з тепловізором здатні принести користь у багатьох сценаріях застосувань: від комерційного підприємства до державних структур, які здійснюють моніторинг та відновлення інфраструктури після воєнних прецедентів.

Дрони, що використовують тепловізійне обладнання для виявлення тепла (на додаток до оптичних відеокамер), знаходять застосування в різних

ситуаціях. Від виявлення пожеж до пошуково-рятувальних операцій та інспекцій комунальних мереж — використання безпілотників з тепловізором може стати рішенням багатьох проблем у різних сферах людської діяльності.

Незважаючи на відносну новизну технології, вже є безліч прикладів застосування теплових дронів ДІ у дії, кожен з яких може надихнути на власний варіант застосування дронів з тепловізорами [4]:

- Під час пожежі на пасовищі в Клебурні, штат Техас, 20 березня 2022 року, використовували тепловізійні дрони для забезпечення всебічної ситуаційної поінформованості. Тепловізори на дронах допомогли бачити крізь густий дим і направляти наземні команди для безпечного реагування на вогнища. Пожежникам вдалося стримати та не допустити поширення вогню на житлові райони. За 4 години пожежу було взято під контроль.

- У 2020 році Чорнобильська зона відчуження в Україні страждала від масштабних лісових пожеж. Дрони з тепловізорами дали змогу пожежникам орієнтуватися у гарячих районах із густим димом, що сильно обмежував видимість.

- Дрони відіграли вирішальну роль у пошуку зниклих людей під час повеней та зсувів у В'єтнамі, викликаних мусонами. БПЛА виконували потрібну функцію: знімали кадри з високою роздільною здатністю, використовували термальні камери для пошуку теплових сигнатур та збирали телеметричні дані для створення 3D-моделей місцевості.

- Нафтопереробні заводи в Аргентині використовують термографічні зображення для визначення відносної енергії, виробленої інфраструктурою в різних частинах заводу. Це дає змогу інспекторам отримувати чітке уявлення про стан устаткування, не змушуючи співробітників наближатися до потенційно небезпечних ділянок.

Вибір тепловізійного корисного навантаження для безпілотника — питання узгодження можливостей обладнання з умовами застосування в організації. Є кілька факторів, які визначають, як система камер працюватиме в польових умовах, а також на яку суму розраховувати. До них відносяться:

- Поле зору (FOV): вимірює, наскільки велике зображення може отримати камера.
- Стійкість до погодних умов: вимірюється ступінь пило- та вологозахисту (IPxx) й визначається стійкість обладнання щодо впливу стихій, включаючи вологу від дощу та туману.
- Спектральний діапазон: спектральна смуга — електромагнітний діапазон, який виявляє ІЧ-датчик камери.
- Теплова чутливість: цей параметр визначає ступінь, в якому датчик може вимірювати різницю температур, також називається шумовим еквівалентом диференціальної температури (NEDT).
- Роздільна здатність зображення: ця характеристика відображає, скільки пікселів входить у цифрове зображення, визначає рівень деталізації.

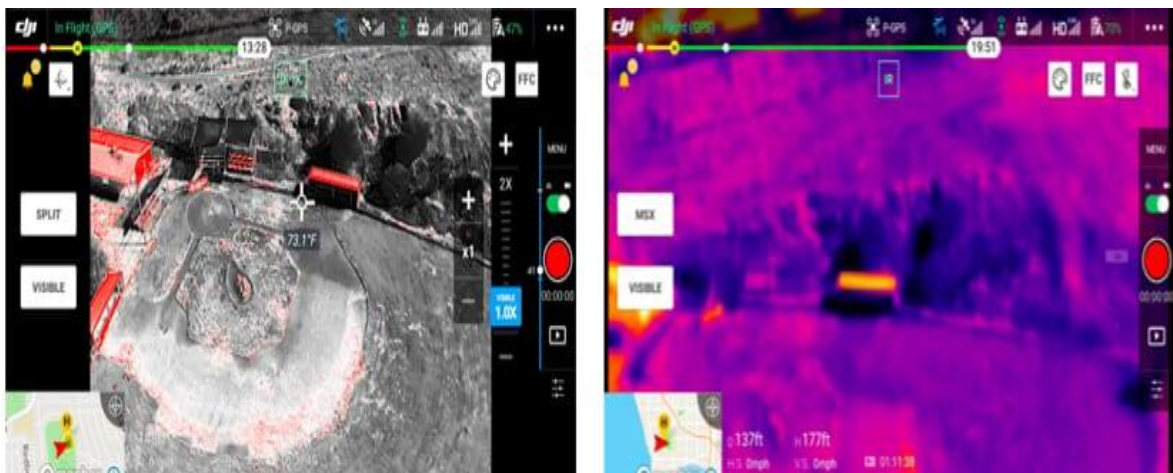


Рисунок 1.2 - Mavic 2 Enterprise Advanced: 640x512 (ліворуч) проти Mavic 2 Enterprise Dual: 160x120 (праворуч) [4]

Залежно від завдань та умов використання БПЛА з тепловізором можна обрати корисне навантаження із серії Zenmuse H20 під потреби [4]:

- Zenmuse H20T: стандартна Zenmuse H20 — це трисенсорна камера для безпілотників, що складається з 20-Мп зум-камери, 12-Мп ширококутної камери та лазерного далекоміра на 1200 метрів. У Zenmuse H20T є також тепла радіометрична камера 640×512 пікселів. Камера генерує файли R-

JPEG із вбудованою інформацією про температуру, що дає змогу проводити подальший аналіз.

- Тепловізійна камера веде запис зі швидкістю 30 кадрів за секунду, чим забезпечує високий рівень теплової чутливості. Завдяки широкій колірній палітрі, ізотермам і налаштовуваним температурним сигналам корисне навантаження забезпечує користувачів можливістю вибирати між режимами високого й низького посилення, залежно від того, потрібен їм ширший температурний діапазон чи більша чутливість.

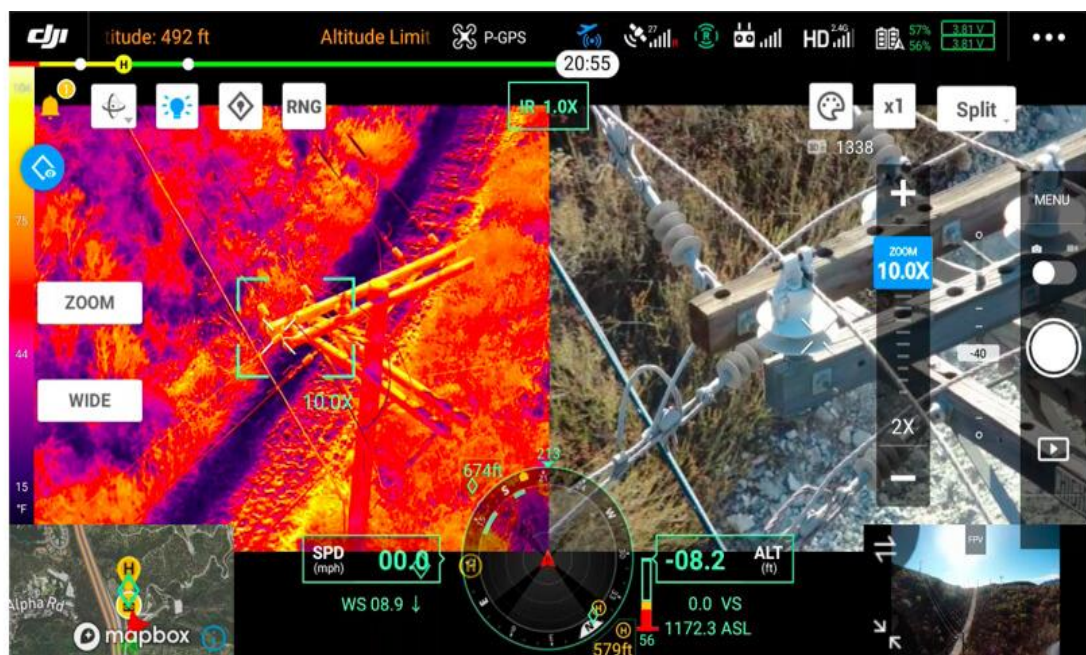


Рисунок 1.3 - Режим подвійної візуалізації Zenmuse H20T[4]

- Zenmuse H20N: Корисне навантаження Zenmuse H20N схоже на H20T, але з більш досконаліми функціями, пов'язаними з нічним баченням. Технологія Starlight камери нічного бачення може збільшувати зображення синхронно з тепловізійною камерою, показуючи результати на екрані подвійної візуалізації.

Завдяки двом тепловізійним камерам із збільшенням 2× та 8× система здатна збільшити зображення до 32×. Користувачі можуть ретельно вивчити будь-які гарячі точки або інші температурні аномалії.

Використання сучасних камер дає змогу безпілотним літальним апаратам брати участь у різних ситуаціях: пошук зниклих людей вночі, сканування потенційних пожеж, проведення перевірок обладнання тощо.

Тепер теплові дрони виконують більше функцій, ніж у минулому, завдяки точнішим датчикам і нижчій ціні. Цей процес продовжується, постійно віднаходяться нові варіанти використання.

## 1.3 Розвиток бездротових інформаційних систем

### 1.3.1 Класифікація безпроводних мереж

Останніми роками напрям безпроводових комп'ютерних мереж та віддаленого доступу зазнав бурхливого розвитку. Це пов'язано з поширенням блокнотних комп'ютерів, систем пошукового виклику (так званих пейджерів) та появою систем класу «персональний секретар» (Personal Digital Assistant (PDA)), розширенням функціональних можливостей стільникових телефонів. Такі системи повинні забезпечити ділове планування, розрахунок часу, зберігання документів та підтримку зв'язку з віддаленими станціями. Девізом цих систем стало anytime, anywhere, тобто надання послуг зв'язку незалежно від місця та часу. Крім того, безпроводові канали зв'язку актуальні там, де неможливе або дороге прокладання кабельних ліній та значні відстані. Донедавна більшість безпроводових комп'ютерних мереж передавала дані зі швидкістю від 1,2 до 14,0 Кбіт/с, найчастіше тільки короткі повідомлення (передавання файлів великих розмірів чи довгі сеанси інтерактивної роботи з базою даних були недоступні). Нові технології безпроводового передавання оперують зі швидкостями в декілька десятків мегабіт за секунду. Тому метою даної статті є розгляд загальної

характеристики та сфери застосування безпроводових комп'ютерних мереж.

Залежно від технологій та передавальних середовищ, які використовують, можна визначити такі класи безпроводових мереж:

- мережі на радіо модемах;
- мережі на стільникових модемах;
- інфрачервоні системи;
- системи VSAT;
- системи з використанням низькоорбітальних супутників;
- системи з технологією SST;
- радіорелейні системи;
- системи лазерного зв'язку.

Федеральна комісія з електровзв'язку США (FCC) визначила такі категорії PCS (Personal Communication Services) та відповідні смуги частот [5-7]:

- вузькосмугові PCS (діапазон 900-901, 930-931, 940-941 МГц) для швидкісних пейджерних мереж, двонапрявленого передавання повідомлень, передавання повідомлень мовлення;
- широкосмугові PCS (120, 1850-2200 МГц); стільниковий зв'язок - цифрове передавання мовлення та даних;
- неліцензовані PCS (40 МГц, від 1890 до 1930 МГц)- безпроводові ЛМ та АТС організацій у найближчому радіусі дії - у межах одного будинку або групи будівель. Неліцензовані PCS забезпечують передавання даних зі швидкістю до 10 Мбіт/с.

### 1.3.2 Мережі на радіо модемах

Для передавання даних використовують смуги частот радіо- та ультракороткохвильового діапазону. Кожен радіомодем має антену та

передавач для напрямленого передавання сигналів. Найпопулярнішими технологіями безпроводового передавання цього класу є:

- радіо Ethernet (IEEE 802.11);
- HIPERLAN;
- Bluetooth.

IEEE 802.11 - це родина технологій безпроводового передавання в радіодіапазоні. Сьогодні найпопулярніша технологія стандарту IEEE 802.11b; вона дає змогу передавати дані зі швидкістю 11 Мбіт/с на відстань від кількох до десятків кілометрів. Висхідна швидкість залежить від рівня завод, обладнання. На базі IEEE 802.11b будують безпроводові локальні мережі Wireless LAN (WLAN)). Група стандартів IEEE 802.11 фактично визначає фізичний та канальний рівень протоколів передавання. Стандарти відрізняються реалізаціями фізичних рівнів передавання, забезпечують різні швидкості [5-7].

- IEEE 802.11 - це попередня версія стандарту, відома як радіо Ethernet (Wireless Ethernet); сьогодні вже застаріла.

- IEEE 802.11b забезпечує максимальну швидкість передавання 11 Мбіт/с та використовує 14 каналів у діапазоні 2.4 ГГц.

- IEEE 802.11a забезпечує швидкість передавання 54 Мбіт/с. Працює в діапазоні 5 ГГц. Має 12 каналів передавання. У ній використовують два піддіапазони передавання 5.15-5.25, 5.25-5.35 ГГц.

- IEEE 802.11g - забезпечує швидкість передавання 22 Мбіт/с. Працює в діапазоні 2.4 ГГц. Повністю сумісний з IEEE 802.11b, однак пропонує три нові методи кодування, які дають змогу збільшити швидкість [5-7].

Організація Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) сертифікує обладнання на відповідність IEEE 802.11b і ставить на ньому позначку Wi-Fi compatible (Wireless Fidelity). HIPERLAN (High Performance Radio Local Area Network) розроблена Європейським інститутом стандартів з телекомунікаційних технологій (European Telecommunications

Standards Institute). Вона є аналогом IEEE 802.11, який використовують у Європі, і буває таких різновидів:

- HiperLAN/1 - швидкість до 20 Мбіт/с у діапазоні 5 ГГц;
- HiperLAN/2 - швидкість до 54 Мбіт/с у діапазоні 5 ГГц.

### 1.3.3 Інтерфейсна безпроводова технологія Bluetooth

Діаметр мережі 10-30 м (у перспективі - 100 м). Працює в багатопунктовому режимі, не обов'язково в зоні прямої видимості. Головне призначення - створення побутових мереж, приєднання мультимедійної периферії, пральних машин, холодильників тощо (рисунок 1.4).

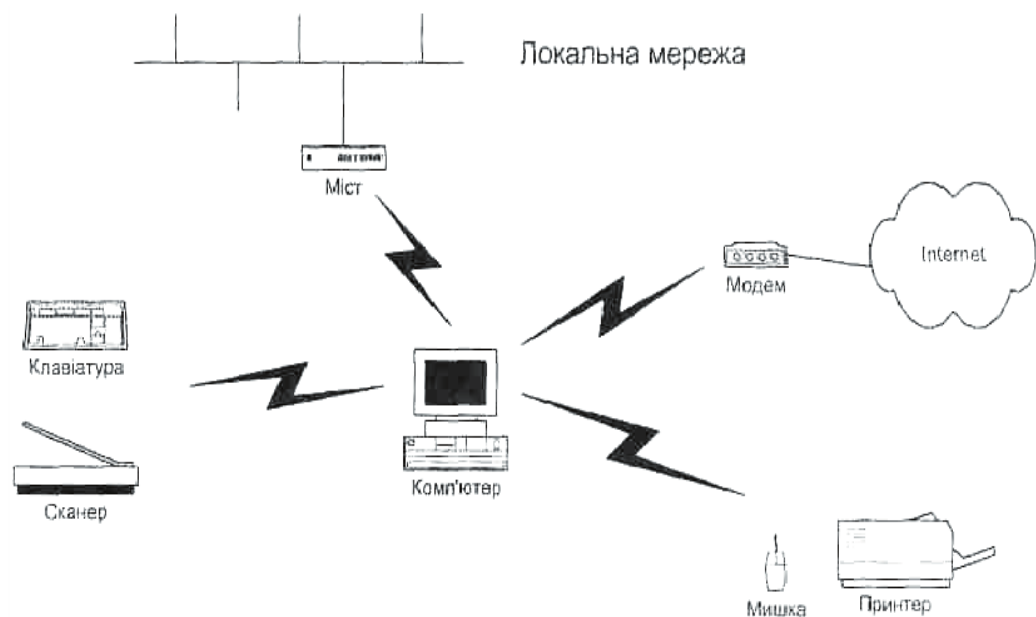


Рисунок 1.4 - Інтерфейсна безпроводова технологія Bluetooth

Концепцію мережі Bluetooth розробила 1994 р. шведська фірма Ericsson. Назва технології походить від прізвища, що його дали вікінгу Геральду Блатанду, який у X ст. об'єднав розрізнені землі, створивши Данське королівство. В 1997 р. створено перші приймачі передавачі. У 1998 р. сформовано групу SIG, у яку увійшли Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba. У 1999 р. випущено специфікації на обладнання [5-7].



Нові технології безпроводового передавання (Ultra Wideband (UWB)) пропонують швидкості передавання, які перевищують 100 Мбіт/с, та потребують мінімальних витрат енергії [5-7].

#### 1.3.4 Технологія SST

У технології SST (Spread Spectrum Technology) використано розподіл сигналу за спектром частот. Це дає змогу значно підвищити пропускну здатність каналу завдяки більшій завадостійкості. Технологію SST уже тривалий період застосовували для військових потреб.

Є два різновиди мереж SST:

- FH-SS. Приймач та передавач синхронно перескакують з частоти на частоту;
- DH-SS. У кожний момент часу сигнал «розмазано» по широкому діапазону частот. Технологія SST дає змогу не тільки збільшити пропускну здатність мережі, а й ліпше реалізувати захист інформації від прослуховування. Зовнішній спостерігач таку інформацію сприймає як «білий шум».

#### 1.3.5 Супутникові технології. Технологія VSAT. Системи низькоорбітальних супутників

Технологія VSAT (Very Small Aperture Terminal) використовує для передавання даних геостаціонарні супутники, розміщені над екватором Землі на висоті 40 тис. км. Наземні станції для зв'язку зі супутником застосовують еліптичні антени діаметром 3 м. Канал VSAT

- забезпечує швидкість передавання даних до 2 Мбіт/с;
- дає змогу реалізувати сполучення на великі відстані з переходом державних кордонів;

- сумірний за ціною з кабельними каналами такої ж перепускної здатності.

Водночас цей канал відрізняється значними затримками передавання даних, зумовленими великою відстанню до супутника (затримка становить приблизно 250 мкс, тоді як для кабельних мереж - 15 мкс). Тому канал VSAT не можна використовувати у системах реального часу та оперативного зв'язку [5-7]. Оскільки вартість супутникового каналу велика, то постачальник послуг купує у власника супутника канал зв'язку великої ємності і продає частини перепускної здатності каналу. Отже, мережа з використанням ланок VSAT має зіркову структуру (рисунок 1.5).

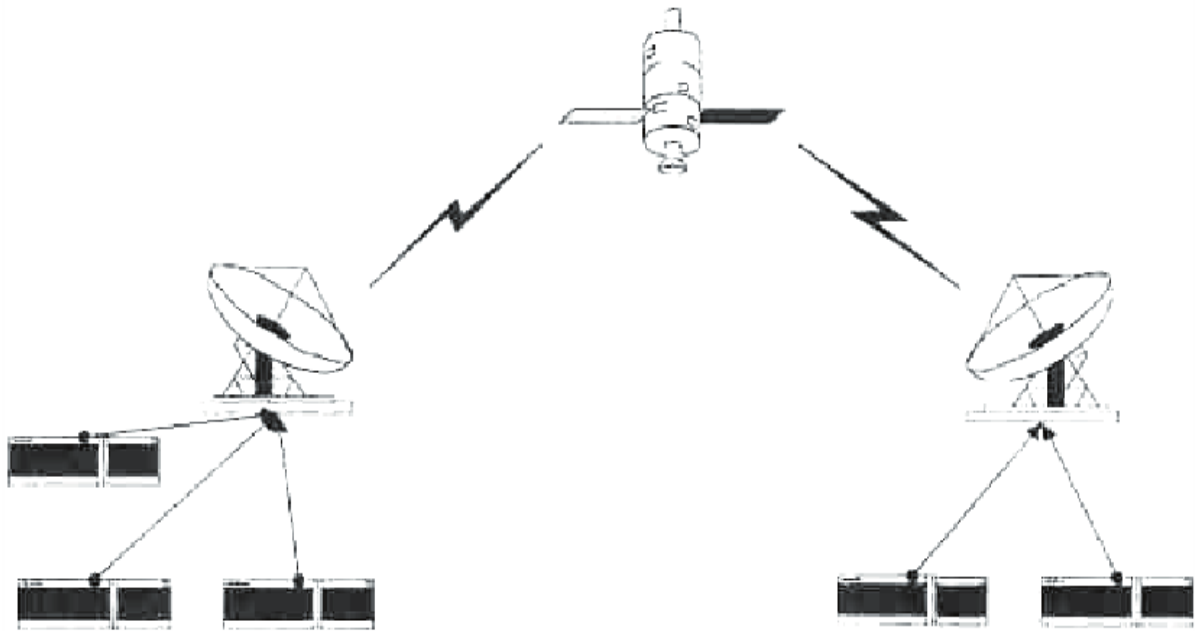


Рисунок 1.5 - Технологія VSAT

Системи на базі низькоорбітальних супутників LEO (Low Earth Orbit), як і системи VSAT, для передавання використовують супутник. Супутник розміщено на висоті близько 100 км на звичайній, а не геостаціонарній орбіті. У цьому випадку зменшується затримка в передаванні даних. Крім того, вивести такий супутник на орбіту значно дешевше, ніж геостаціонарний. Водночас для підтримування постійного зв'язку треба використовувати велику кількість таких низькоорбітальних

супутників. Серед наявних проєктів LEO можна виділити систему Iridium, яка використовує 66 супутників. У першому варіанті передбачали, що в системі буде 77 супутників. Саме стільки електронів містить атом іридію. Пізніше виявилось, що достатньо 66. Однак назву вирішили залишити (назва елемента з 66 електронами диспрозію походить від латинського *disprosium* - важкодосяжний). Корпорація Teledesic, власниками якої є Bill Gates та Greg MacCaw, планує створити всесвітню систему передавання мультимедійної інформації на основі LEO-технології. Планують, що така мережа використовуватиме 840 супутників і надаватиме користувачам канали перепускної здатності від 62 Кбіт/с до 2 Мбіт/с [5-7].

### 1.3.6 Мережі на стільникових модемах

Мережі на стільникових модемах використовують наявну інфраструктуру стільникової телефонії. Вони працюють в особливо важких умовах великих завод, періодичного зникнення сигналу. Стільникові технології пройшли декілька етапів розвитку:

- 1G - технології. Початок 80-х. Перше покоління стільникових мереж використовувало аналогові технології. В таких мережах передавали тільки телефонні розмови;
- 2G-технології. Середина 90-х. Цифрове кодування та передавання мовлення і коротких текстових повідомлень;
- 2.5G-технології. 2001 рік (США). Цифрові мережі з передаванням мовлення, тексту, приєднання до Internet;
- 3G-технології. Технології наступного покоління. Швидкість передавання до 2 Мбіт/с. Передавання мультимедійних даних. Окремі технології доступні в Японії [5-7]. Стільникові технології можна розглядати згідно з протокольними рівнями. На фізичному та каналному рівнях визначають різні методи доступу, які відображені у різноманітних

технологіях. Серед методів доступу виділяють аналогові, які використовують для передавання аналогового сигналу. Це класичні методи доступу у стільникових мережах FDMA (Frequency Division Multiple Access), TACS (Total Access Communication System). Головний ресурс стільникової мережі - це призначений для неї діапазон частот. Аналогові методи доступу виділяють для кожного передавання окремий канал - смугу частот у призначеному для мережі діапазоні. У цьому випадку сусідні стільникові комірки не можуть працювати в одному й тому ж діапазоні частот (інакше передавання в сусідніх комірках заважали б одне одному). Частотний діапазон поділяють на сім частин (рисунок 1.6). Серед методів доступу, які використовують цифрове передавання, популярні різні модифікації TDMA (Time Division Multiple Access). Вони застосовують відомий принцип розподілу часу передавання на окремі часові слоти [5-7]. До цієї групи методів належать AMPS (Advanced Mobile Phone Service) (частотні канали завширшки 30 кГц поділяють на три часові слоти), NAMPS (Narrowband AMPS), PDC (канали по 25 кГц, три слоти), GSM (діапазон 200 кГц, вісім слотів). Найпередовішою сьогодні є технологія CDMA (Code Division Multiple Access), що використовує цифрове передавання. В основі CDMA є технологія передавання SST (DH-SS Direct Sequence Spread Spectrum), коли інформація ніби «розмазується» по широкому спектру частот. Послідовність інформаційних бітів множать на псевдовипадкову послідовність коротких імпульсів. Одержують сигнал, що є в ширшому частотному спектрі й має значно меншу інтенсивність.

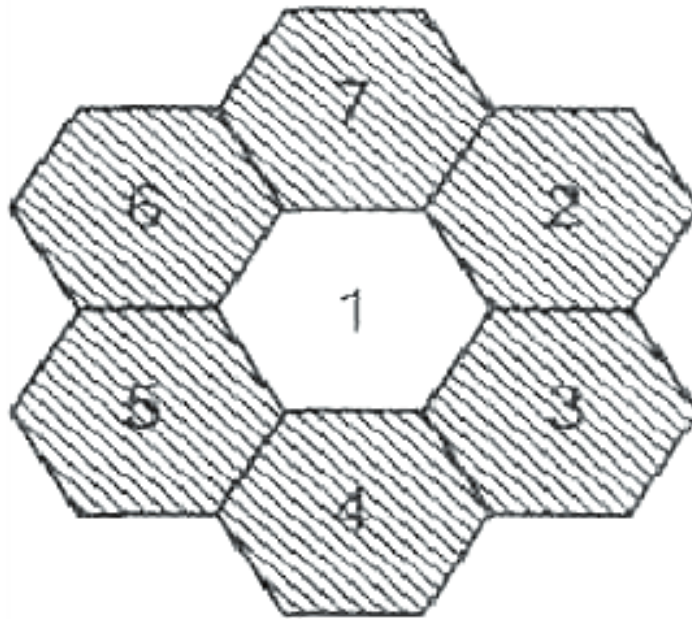


Рисунок 1.6 – Стільникові мережі

Для декодування такої послідовності треба знати псевдовипадкову послідовність, яку використовували під час передавання. Цей механізм кодування забезпечує таке:

- сигнал захищений від підслуховування. Треба знати псевдовипадкову послідовність-ключ. Цим пояснюють широке використання цього підходу військовими;
- сигнал захищений від завад. Широкопasmовість сигналу дає змогу просто поновлювати сигнал, особливо якщо завади вузько смугові. Так само сигнал захищений і від тимчасового зникнення на окремих частотах (фейдинг (fading));
- широкопasmове передавання та ліпший захист від завад дають змогу зменшити потужність передавачів, збільшити час дії акумуляторів та дещо зменшити безперечно шкідливий вплив цієї технології на здоров'я людини;
- дві абонентські станції, які працюють у межах одної стільникової комірки на однаковій частоті з використанням різних кодувальних послідовностей, практично не створюють завад одна одній. Тому для станцій, які працюють у межах однієї комірки, відведено спільний

частотний діапазон завширшки 1,25 МГц, а також фрагменти спільної псевдовипадкової кодувальної послідовності (зі своїм зсувом від початку).

У мережі CDMA параметри розміру комірки, якості передавання та кількості каналів взаємозалежні. Наприклад, чим більше каналів у комірці, тим більше взаємних завад через неповну незалежність кодувальних послідовностей і тим гірша якість передавання. Чим більший розмір комірки, тим слабший корисний сигнал і тим меншим повинен бути рівень завад. Емпіричним шляхом визначено, що сьогодні в одному частотному діапазоні 1,25 МГц можна розмістити до 18 каналів для мобільних та 30 каналів для стаціонарних користувачів. Це майже у дев'ять разів більше, ніж у мережах AMPS. Ще однією перевагою CDMA є змога використання у сусідніх комірках одного й того ж частотного діапазону, що полегшує планування мережі та збільшує кількість каналів. Особливістю, яка поліпшує якість передавання у CDMA- мережах, є механізм відпрацювання переходу абонента з однієї комірки в іншу. В інших технологіях під час такого переходу спочатку розривається зв'язок з однією базовою станцією, а потім налагоджується з іншою (hard handoff, break before make). Це знижує якість передавання. У технології CDMA завдяки збереженню однієї частоти-носія у сусідніх комірках можна спочатку налагодити сполучення з новою станцією, а вже потім розірвати з попередньою. Це поліпшує якість переходу і дає змогу коректно опрацювати передавання у «прикордонній зоні», коли передавач може багато разів переходити зі сфери діяльності однієї базової станції у сферу діяльності іншої та навпаки. Мережі технології CDMA сьогодні активно впроваджують не тільки у традиційній сфері стільникового передавання, а й у частотному діапазоні PCS, виділеному для роботи як телефонів, так і іншого обладнання персонального зв'язку. Вони перевищують інші технології за якістю передавання та кількістю каналів. Наприклад, для CDMA потрібно на 30-40% менше базових станцій, ніж для аналогічних мереж GSM та у два-три рази менше станцій, ніж для мереж AMPS. Водночас вартість обладнання

CDMA внаслідок його складності сьогодні вища, ніж аналогічного обладнання інших мереж.

На вищих рівнях протоколу мережі передавання даних використовують спеціальні протоколи, орієнтовані на стільникову мережу. Технологія CDPD (Cellular Digital Packet Data) реалізує як пакетне передавання (протокол TCP/IP), так і модемний інтерфейс (AT-команди). На відміну від радіомодемів, стільникові модеми використовують не спеціальні антени та приймачі-передавачі, а відповідні пристрої стільникового телефону. Під час передавання даних застосовують протоколи MNP-10 або ETC. Протокол MNP-10 динамічно оптимізує швидкість передавання даних та рівень сигналу, має розвинуті засоби опрацювання помилок. Протокол ETC запропонувала 1993 р. фірма AT&T Paradyne. Він ґрунтується на стандарті V.32bis (14,4 Кбіт/с) і дає змогу підтримувати зв'язок з іншими модемами стандарту ETC та іншими протоколами. Порівняно з MNP-10 досконаліший технічно. Розвиток технологій на вищих рівнях протоколу виражений в організації доступу до Internet. Цей доступ можливий завдяки використанню WAP-технологій [5-7].

### 1.3.7 Системи на базі інфрачервоних каналів

Системи на базі інфрачервоних каналів відрізняються невеликою вартістю приймачів та передавачів (від 1,5 до 4,5 дол. США), високими швидкостями передавання. Однак інфрачервоні канали працюють тільки в умовах прямої видимості. Асоціація Infrared Data Communications розробила стандарт передавання інфрачервоним каналом зі швидкістю 115,2 Кбіт/с [5-7].

### 1.3.8 Радіорелейний зв'язок

Радіорелейні станції (PPC) використовують для передавання аналогового сигналу в телебаченні та цифрового в послідовному коді за стандартом ITU G.703 в телефонії. Канал G.703 має пропускну здатність 2 Мбіт/с. Його можна використати, наприклад, для сполучення сегментів Ethernet. Сучасні цифрові PPC мають смугу пропускання 2-34 Мбіт/с. Тому часто її розділяють на декілька каналів. Максимальна відстань для зв'язку PPC - 60-80 км. Для наземних PPC використовують частотні діапазони 1, 5, 7, 15, 23, 34 ГГц. Взаємодії маршрутизатора та PPC досягають за допомогою конвертера V.35/G.703 [5-7].

Як слідує із розглянутих вище питань, дистанційна безпроводна система керування інформаційними каналами потребує додаткового захисту від зовнішнього втручання в процес керування завданнями, які покладаються на вимірювальну систему в цілому. І ці питання є актуальними не тільки для систем тепловізійних вимірювань.

Тому, метою дипломної роботи є дослідження і розробка пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань.

Для досягнення мети у роботі потрібно виконати такі завдання:

- 1) на підставі аналізу існуючих систем обрати ефективну систему дистанційного керування тепловізором по заводо захищеному каналу;
- 2) розробити структурну схему пристрою;
- 3) провести моделювання ефективності захищеності каналу керування;
- 4) провести моделювання основних структурних блоків системи;
- 5) розробити заходи із норм дотримання умов безпеки праці та техногенної безпеки та провести техніко-економічний розрахунок розробки.



## 2. Розробка пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань

### 2.1 Структурна схема пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань

У якості структурної схеми була обрана схема, представлена на рисунку 2.1.

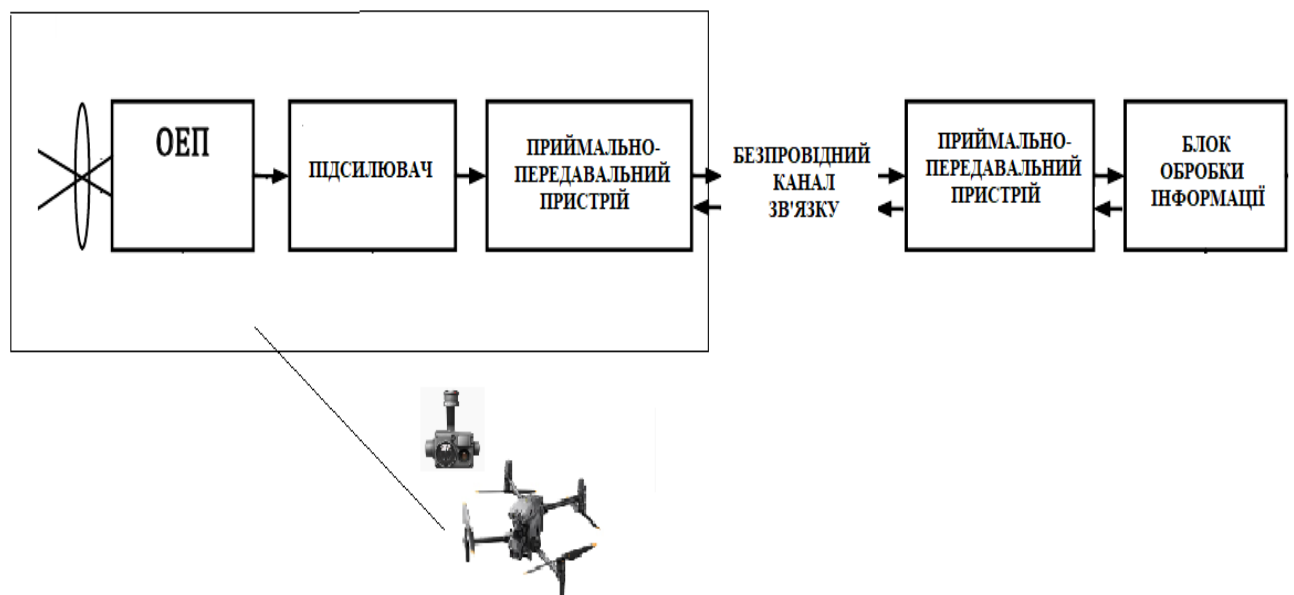


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань

Структурна схема включає віддалену систему реєстрації термічного сигналу (БПЛА типу DJI разом із тепловізійним оптиелектронним пристроєм (ОЕП) – камерою DH20T з підсилювачем сигналів) [4, 8], приймально-передавальний пристрій із генератором «білого шуму», блок обробки інформації. Основою інформаційного каналу обрано систему із застосуванням технології SST (Spread Spectrum Technology) - розподіл

сигналу за спектром частот. Це дає змогу значно підвищити пропускну здатність каналу завдяки більшій завадостійкості [9,10].

## 2.2 Основні структурні блоки пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань

### 2.2.1 Тепловізійна камера

У якості електронно-оптичного пристрою реєстрації теплового випромінювання обрано камеру DH20T з підсилювачем сигналів, яку розміщено на базовій платформі БПЛА DJI [4, 8].

Камера DH20T обладна чотирма датчиками із наступними параметрами:

Камера з зумом 20 Мп

Камера з ширококутним об'єктивом 12 Мп

Лазерний далекомір 1200 м

Радіометрична термальна камера 640×512 пікселів

Потужна камера з зумом

- Гібридний оптичний зум з 23-кратним збільшенням, макс. збільшення в 200 разів
- Матриця CMOS 1/1,7", 20 Мп
- Роздільна здатність відео: 4K/30 кадрів/с

Камера з ширококутним об'єктивом

- Еквівалентна фокусна відстань: 24 мм, діагональний кут огляду: 82,9°
- Матриця CMOS 1/2,3", 12 Мп

Лазерний далекомір

- Діапазон: 3–1200 м

- Точність:  $\pm(0,2 \text{ м} + \text{відстань} \times 0,15\%)$

#### Радіометрична термальна камера

- Діагональний кут огляду:  $40,6^\circ$
- Роздільна здатність:  $640 \times 512$ , частота: 30 кадрів/с
- Температурна чутливість:  $\leq 50 \text{ мК}$  при  $f/1.0$

На рисунку 2.2 представлено загальний вид камери DH20T



Рисунок 2.2 - Загальний вид камери DH20T

У роботі пропонується підсилювач оптичного сигналу, що надходить від камери до блоку обробки та передавання інформації за схемою, яка представлена на рисунку 2.3 [11].

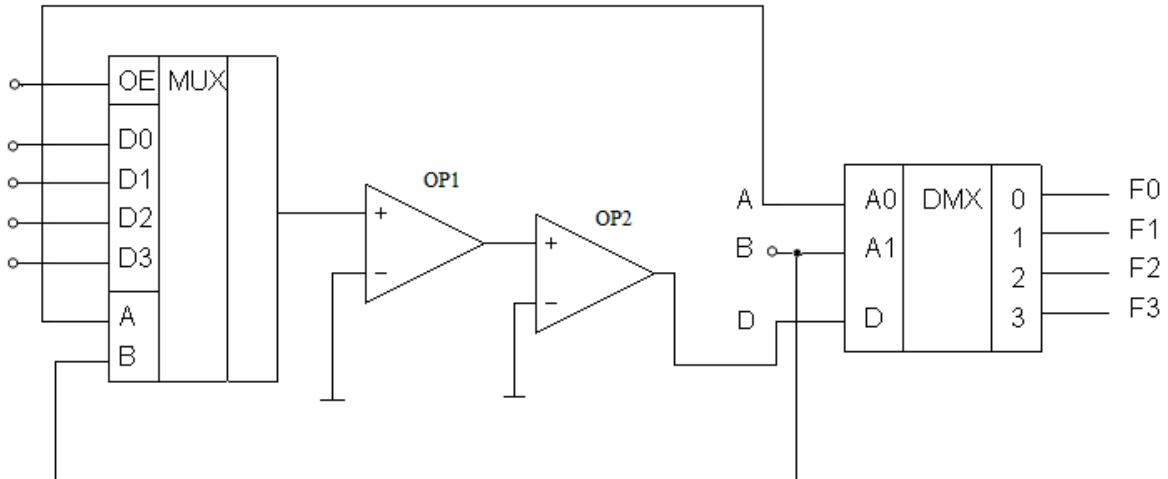


Рисунок 2.3 - Електрична схема підсилення оптичного каналу передачі інформації

У представленій схемі показано можливість моделювання каналу на основі підсилювачів OP1 та OP2. Результати моделювання показують, що таке посилення можливе за рахунок додавання у канал додаткових джерел стимульованого сигналу (додаткових джерел стимульованого випромінювання).

### 2.2.2 Передавальний пристрій

У роботі пропонується у якості передавального пристрою використати генератор із широким діапазоном генерації хвиль [12]. Параметри по діапазнам представлені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Діапазони генерації хвиль

Діапазон	Частота, МГц	Напруга, мВ
ДХ1	0,058 - 0,214	40...70
ДХ2	0,185 - 0,726	
СХ	0,56 - 2,33	53...120
КХ1	2,05 - 3,4	110...150
КХ2	2,9 - 4,8	
КХ3	4,8 - 8,3	
КХ4	7 - 12	
КХ5	11.9 - 20.7	
КХ6	17,7 - 32 35,5 - 38,5	
НКХ1	37 - 57,5 65 - 72	150...210
НКХ2	70 – 82	
	94 - 108	

Точність установки частоти генератора - не гірше  $\pm 2$  кГц на частоті 10 МГц і  $\pm 10$  кГц на частоті 100 МГц. Її відхід за годину роботи (після годинного прогріву) не перевищує 0,2 кГц на частоті 10 МГц і 10 кГц на частоті 100 МГц. У тій же таблиці наведено максимальні ефективні значення вихідної напруги в кожному діапазоні. Нелінійність шкали мілівольметра - не більше 20 %. Напруга живлення - 7,5...15 В. Схема генератора сигналів наведена на рисунку 2.4

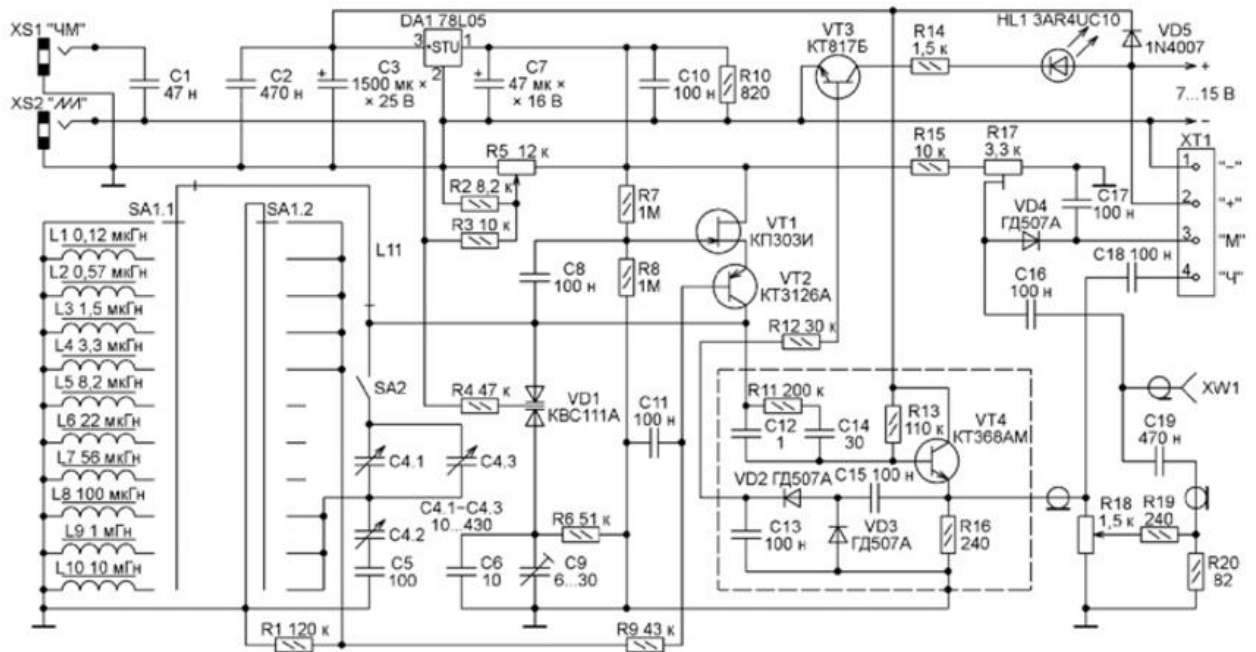


Рисунок 2.4 – Схема генератора сигналів

Зазвичай генератори з двоточковим підключенням коливального контуру, здатні працювати на частоті понад 100 МГц, у середньохвильовому діапазоні генерують радше спотворений меандр, ніж синусоїду. Для зменшення спотворень потрібна значна зміна режимів роботи активних елементів генератора залежно від частоти. Сигнал застосованого в описуваному пристрої задавального генератора з увімкненими послідовно за постійним струмом польовим і біполярним транзисторами має набагато менші спотворення. Їх можна знижувати, регулюючи режим роботи лише біполярного транзистора.

На низькочастотних діапазонах режим роботи транзистора VT2 задано включеними послідовно резисторами R1 і R9. З переходом на високочастотні діапазони перемикач SA1.2 замикає резистор R1. Для збільшення крутизни характеристики польового транзистора VT1 на його затвор подано постійне зміщення, що дорівнює половині напруги живлення. Напруга живлення задавального генератора стабілізована інтегральним стабілізатором DA1. Резистор R10 слугує мінімальним навантаженням стабілізатора, без якого його вихідна напруга засмічена шумом.

Як котушки індуктивності L1-L10 задавального генератора використано дроселі промислового виробництва. Їх комутує перемикач SA1.1. У діапазоні УКВ2 індуктивністю L11 слугує відрізок дроту завдовжки приблизно 75 мм, що з'єднує перемикач із друкованою платою.

Відхилення фактичної індуктивності дроселя від номінальної може бути доволі значним, тому межі діапазонів обрано з деяким перекриттям, щоб унеможливити їх трудомістке укладання. Зазначені в таблиці межі діапазонів отримано без будь-якого підбору дроселів. Переважно застосовувати дроселі великого розміру, стабільність індуктивності яких (отже, і генерованої частоти) вища, ніж у малогабаритних.

Для перебудови частоти в приладі використано трисекційний конденсатор змінної ємності з редуктором. Щоб його корпус не мав електричного контакту з корпусом приладу, він закріплений усередині нього через ізолюючу прокладку. Це дало можливість увімкнути одну секцію конденсатора послідовно з двома іншими з'єднаними паралельно. Так реалізовано розтягнуті КХ-діапазони. У діапазонах ДХ, СХ1 і СХ2, де потрібне велике перекриття за частотою, перемикач SA1.2 з'єднує корпус змінного конденсатора із загальним проводом. У діапазонах КХ6, НКХ1 і НКХ2 передбачено відключення конденсатора змінної ємності вимикачем SA2. Коли вимикач замкнений, частота стійкої генерації не перевищує 37 МГц.

Паралельно змінному конденсатору під'єднано ланцюг із варикапної матриці VD1, конденсаторів С6, С9 і резистора R6, який слугує частотним модулятором, електричним верньєром, а в разі вимкненого змінного конденсатора - основним елементом налаштування. Оскільки амплітуда високочастотної напруги на коливальному контурі досягає декількох вольт, з'єднані зустрічно-послідовно варикапи матриці вносять набагато менші спотворення, ніж вносив би одиночний варикап. Напруга налаштування на варикапи матриці VD1 надходить зі змінного резистора R5. Резистор R2 дещо лінеаризує шкалу налаштування.

Сигнал частотної модуляції генератора подають на роз'єм XS1 від будь-якого зовнішнього джерела. Під час налаштування і перевірки АМ-радіоприймача перетворення частотної модуляції в амплітудну відбувається в ньому самому за рахунок нерівномірності частотної характеристики додетекторної частини приймального тракту. Спостерігати АМ-сигнал можна на останньому контурі ПЧ приймача за допомогою осцилографа. На роз'єм XS2 під час використання приладу як генератора хитної частоти подають пилкоподібну напругу.

Генератор, що задає, пов'язаний з вихідним повторювачем на транзисторі VT4 через конденсатор C12, гранично мала ємність якого зменшує вплив навантаження на частоту, що генерується, та зниження амплітуди вихідної напруги на частоті вище 30 МГц. Для часткового усунення зниження амплітуди на низькій частоті конденсатор C12 зашунтовано ланцюгом R11C14. Простий емітерний повторювач з високим вихідним опором на біполярному транзисторі виявився найбільш підходящим рішенням для такого широкосмугового приладу. Вплив навантаження на частоту можна порівняти з витоким повторювачем на польовому транзисторі, а залежність амплітуди від частоти набагато менша. Застосування додаткових буферних ступенів тільки погіршувало розв'язку. Для забезпечення гарної розв'язки в діапазонах ДХ-КХ транзистор VT4 повинен мати високий коефіцієнт передавання струму, а в діапазонах НКХ - гранично малі міжелектродні ємності.

Вихід повторювача з'єднаний із затискачем XT1.4, призначеним здебільшого для підключення частотоміра, що призводить до деякого зниження вихідної напруги. Внутрішній опір цього виходу на КХ-діапазонах - близько 120 Ом, вихідна напруга понад 1 В. На діодах VD2, VD3, транзисторі VT3 і світлодіоді HL1 реалізовано індикатор наявності ВЧ-напруги на виході повторювача.

З движка змінного резистора R18, що слугує регулятором вихідної напруги, сигнал надходить на дільник R19R20, який, окрім додаткової



роз'язки генератора і навантаження, забезпечує вихідний опір коаксіального виходу (роз'єм XW1) на КХ-діапазонах, близький до 50 Ом. На НКХ він знижується до 20 Ом.

Відхід частоти під час зміни положення рушія R18 з верхнього за схемою положення в нижнє досягає 70...100 кГц на частоті 100 МГц без навантаження, а в разі під'єданого навантаження 50 Ом - не більше 2 кГц (на тій самій частоті).

Для вимірювання вихідної напруги на роз'ємі XW1 передбачено детектор, виконаний на резисторах R15, R17, діоді VD4 і конденсаторі C17. Разом із зовнішнім цифровим вольтметром або мультиметром у режимі вольтметра, під'єднаним до контактів ХТ 1.3 (плюс) і ХТ1.1 (мінус), він утворює мілівольтметр ефективного значення вихідної напруги генератора. Для отримання більш лінійної шкали на діод VD4 подана постійна напруга зміщення 1 В, яку встановлюють багатооборотним підлаштуванням резистором R17.

Зовнішній вольтметр повинен мати межу вимірювання 2 В. У цьому випадку в старшому розряді його індикатора буде постійно виведена одиниця, а в молодших розрядах - виміряна вихідна напруга в мілівольтах. Мінімальна вимірювана напруга - близько 20 мВ. Вище 100 мВ показання будуть дещо завищені. При напрузі 200 мВ похибка доходить до 20 %.

Живлять генератор від стабілізованого джерела постійної напруги 7...15 В або від акумуляторної батареї. У разі нестабілізованого блоку живлення генерований високочастотний сигнал неминуче буде модульований частотою 100 Гц.

Стабільність параметрів генератора залежить від ретельної установки елементів на плату. Більшість деталей встановлено на друкованій платі з фольгованого з двох боків ізоляційного матеріалу, зображеній на рисунку 2.5.

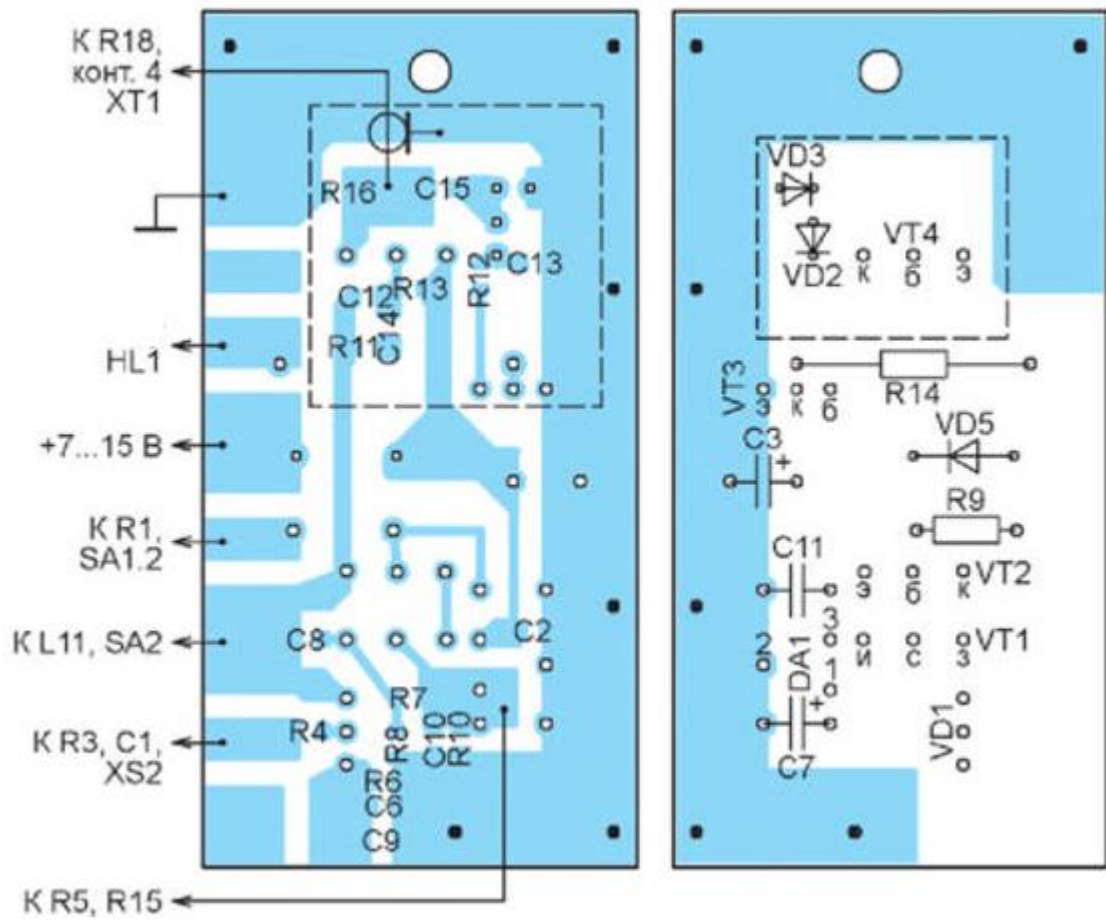


Рисунок 2.5 – Розташування елементів генератора на друкованій платі  
Друкована плата представлена на рисунку 2.6.

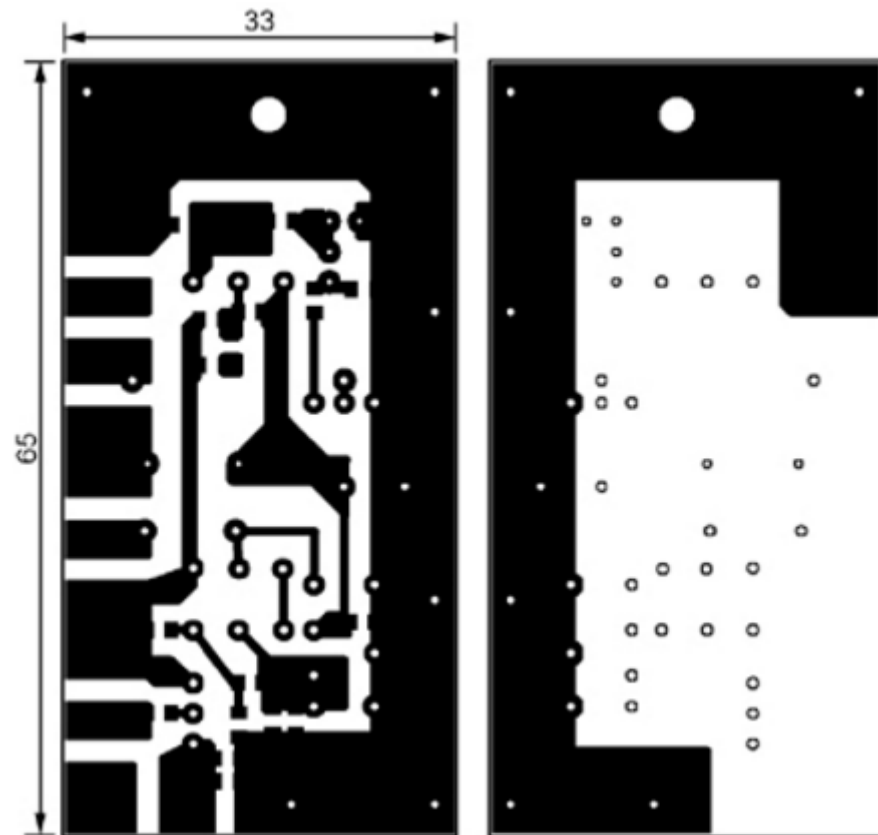


Рисунок 2.6 – Друкована плата генератора

Майданчики фольги загального дроту з двох боків плати з'єднують між собою дротяними перемичками, впаяними в отвори, що показані залитими. Елементи вихідного повторювача після монтажу закривають з двох боків плати металевими екранами, контури яких показані штриховими лініями. Ці екрани мають бути надійно, пайкою по периметру, з'єднані з фольгою загального дроту. В екрані, що знаходиться з боку друкованих провідників, над контактним майданчиком, з яким з'єднаний емітер транзистора VT4, зроблено отвір, крізь який проходить припаяний до цього майданчика мідний штир. Надалі до нього припаюють центральну жилу коаксіального кабелю, що йде до змінного резистора R18 і конденсатора C18. Обплетення кабелю з'єднують з екраном повторювача.

У генераторі застосовано переважно постійні резистори і конденсатори для поверхневого монтажу типорозміру 0805. Резистори R19 і R20 - МЛТ-0,125. Конденсатор С3 - оксидний з низьким ЕРС, С7 - оксидний танталовий К53-19 або аналогічний. Котушки індуктивності L1-L10 - стандартні дроселі, переважно вітчизняні серій ДПМ, ДП2. Порівняно з імпортними, вони мають значно менше відхилення індуктивності від номінальної та більшу добротність.

За відсутності дроселя потрібного номіналу котушку L10 можна виготовити самостійно, намотавши вісім витків дроту діаметром 0,08 мм на резистор МЛТ-0,125 опором не менше 1 МОм. Як індуктивність L11 застосовано відрізок жорсткого центрального дроту від коаксіального кабелю довжиною близько 75 мм.

Трисекційні конденсатори змінної ємності з редуктором надзвичайно поширені, але якщо такого немає, можна застосувати і двосекційний. У цьому разі корпус конденсатора з'єднують із корпусом приладу, а кожен секцію під'єднують через окремий вимикач, причому одну із секцій - через розтягувальний конденсатор. Керувати приладом з таким змінним конденсатором помітно складніше.

Перемикач SA1 - ПМ 11П2Н, також застосовні аналогічні перемикачі серії ПГЗ або П2ГЗ. Вимикач SA2 - МТ1. Змінний резистор R18 - СПЗ-96, причому замінювати його змінним резистором іншого типу не рекомендується. Якщо змінного резистора зазначеного на схемі номіналу не знайшлося, то можна замінити його на той, що має менший номінал, але водночас потрібно збільшити опір резистора R16 так, щоб загальний опір паралельно з'єднаних резисторів R16 і R18 залишився незмінним. Змінний резистор R5 - будь-якого типу, R17 - багатооборотний підлаштування 3296.

Діоди ГД407А можна замінити на ДЗ11, Д18, а діод 1 N4007 - на будь-який випрямний. Замість варикапної матриці КВС111А допускається застосувати КВС111Б, замість 3AR4UC10 - будь-який світлодіод червоного світіння.

Задавальний генератор малочутливий до типів застосованих транзисторів. Польовий транзистор КП303І може бути замінений на КП303Г-КП303Ж, КП307А-КП307Ж, а з коригуванням друкованої плати - на ВF410В-ВF410D, КП305Ж. Для транзисторів із початковим струмом понад 7 мА резистор R7 не потрібен. Біполярний транзистор КТ3126А можна замінити будь-яким НВЧ-транзистором структури р-п-р з мінімальними міжелектродними ємностями. Як заміну транзистора КТ368АМ можна рекомендувати SS9018І.

Роз'єм ХW1 - типу F. У нього легко вставляється будь-який кабель, а за необхідності можна просто вставити дріт. Затискна колодка ХТ1 - WP4-7 для підключення акустичних систем. Роз'єми XS1 і XS2 - стандартні монофонічні гнізда під штекер діаметром 3,5 мм.

### 2.2.3 Генератор «білого шуму»

Для забезпечення захисту інформаційного каналу від зовнішнього втручання приймально-передавальний пристрій доповнено генератором «білого шуму», заснованого на використанні принципів технології SST (Spread Spectrum Technology) - розподіл сигналу за спектром частот [9,10].

Пропонується наступна схема такого генератора (рисунок 2.7).

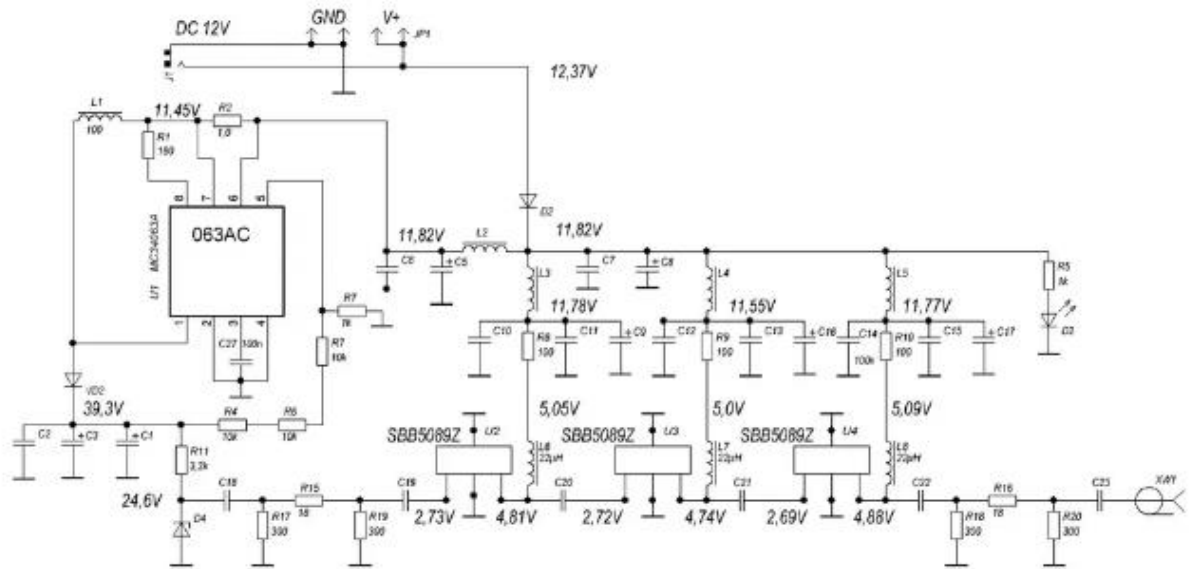


Рисунок 2.7 – Генератор «білого шуму»

Генератор шуму, показаний на рисунку 2.7, забезпечує регулювання середньоквадратичної амплітуди і перемикання смуги частот. Середньоквадратичне значення вихідного сигналу становить 300 мВ у смузі частот від 1 кГц до 5 МГц, що вибирається з кроком в одну декаду.

Джерело шуму діод D1 пов'язаний за змінним струмом з підсилювачем A2, що забезпечує коефіцієнт посилення 100 у широкій смузі частот. Вихідний сигнал A2 подається на каскад регулювання посилення через простий фільтр нижніх частот, що перемикається. Вихід фільтра під'єднано до A3 - транскондуктивного операційного підсилювача LT1228. З виходу A3 сигнал надходить на підсилювач зі зворотним зв'язком за струмом LT1228 (A4). Вихідний сигнал підсилювача A4, він же вихідний сигнал схеми, вибирається схемою регулювання посилення на основі підсилювача A5. Це замикає контур регулювання посилення на підсилювач A3. Вхідний струм виводу SET підсилювача A3 керує посиленням, даючи змогу контролювати загальний рівень вихідного сигналу.

Підсилювач A3 керує посиленням, даючи змогу контролювати загальний рівень вихідного сигналу.

На рисунку 2.8 показано осцилограму шуму в смузі 1 МГц, а на рисунку 2.9 - залежність середньоквадратичного шуму від частоти в тому ж частотному діапазоні. Аналогічну залежність наведено на рисунку 2.10 для повної смуги частот 5 МГц. Середньоквадратичне значення вихідного сигналу практично постійне до частоти 1.5 МГц, коливається навколо середнього рівня приблизно на  $\pm 2$  дБ у смузі до 5 МГц, а потім сильно просідає.

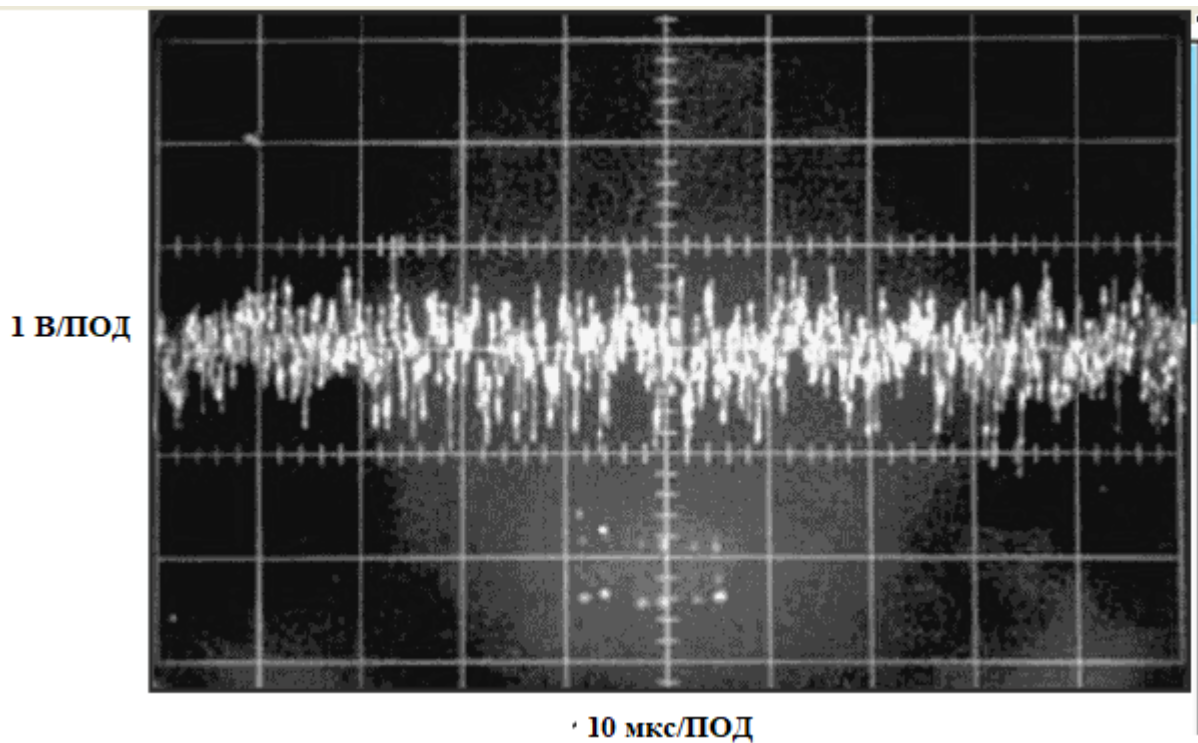


Рисунок 2.8 - Осцилограма шуму в смузі 1 МГц

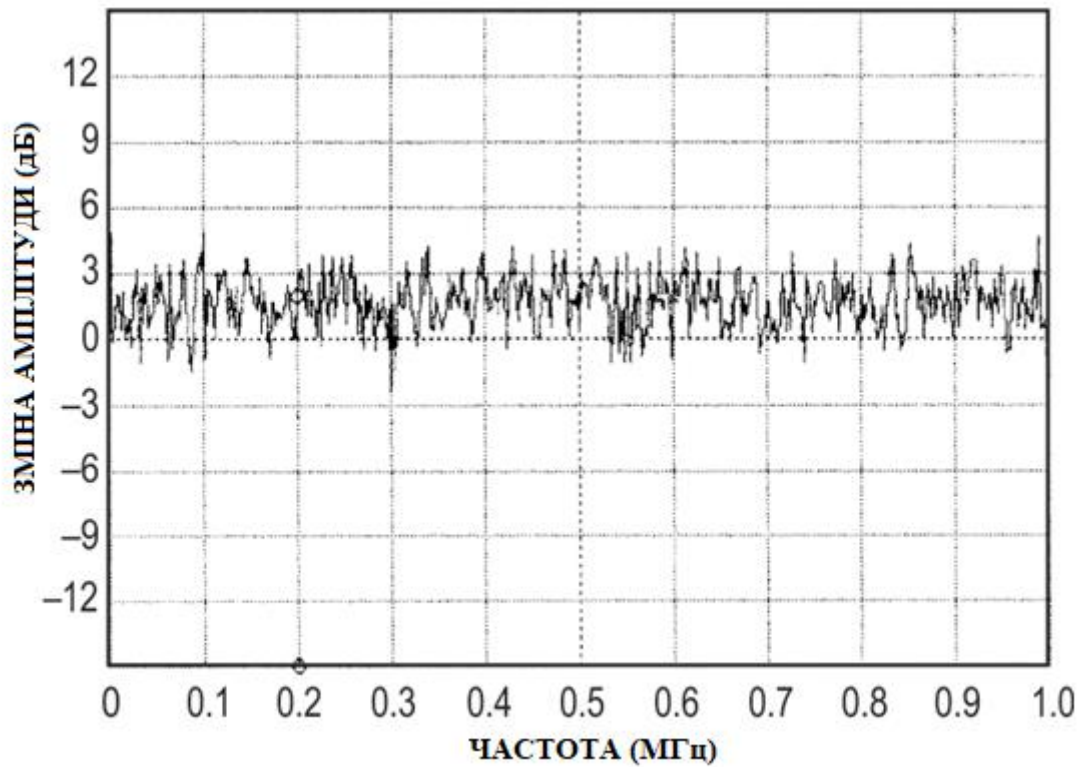


Рисунок 2.9 - Залежність середньоквадратичного шуму від частоти в смузі 1 МГц

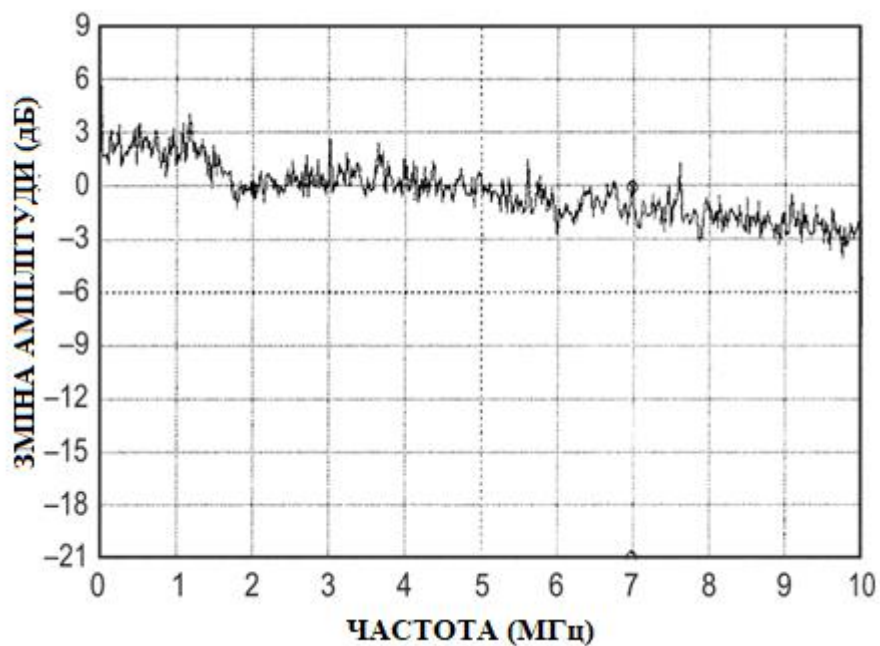


Рисунок 2.10 - Осцилограма шуму в смузі 5 МГц

В аналогічній схемі генератора на рисунку 2.11 джерело шуму замінено стандартним стабілітроном, але ця схема складніша і потребує



підстроювання. Підсилювач A1, який отримує зміщення від джерела опорної напруги LT1004, забезпечує оптимальне опрацювання сигналу джерела шуму D1. Зв'язаний за змінним струмом підсилювач A2 має коефіцієнт посилення 100 у широкій смузі частот. Вихідний сигнал A2 подається на каскад регулювання посилення через простий фільтр нижніх частот, що перемикається. Вихід фільтра підключено до A3 - транскондуктивного операційного підсилювача LT1228. З виходу A3 сигнал надходить на підсилювач зі зворотним зв'язком за струмом LT1228 (A4). Вихідний сигнал підсилювача A4, він же вихідний сигнал схеми, вибирається схемою регулювання посилення на основі підсилювача A5. Це замикає контур регулювання посилення на підсилювач A3. Вхідний струм виводу SET підсилювача A3 керує посиленням, даючи змогу контролювати загальний рівень вихідного сигналу.

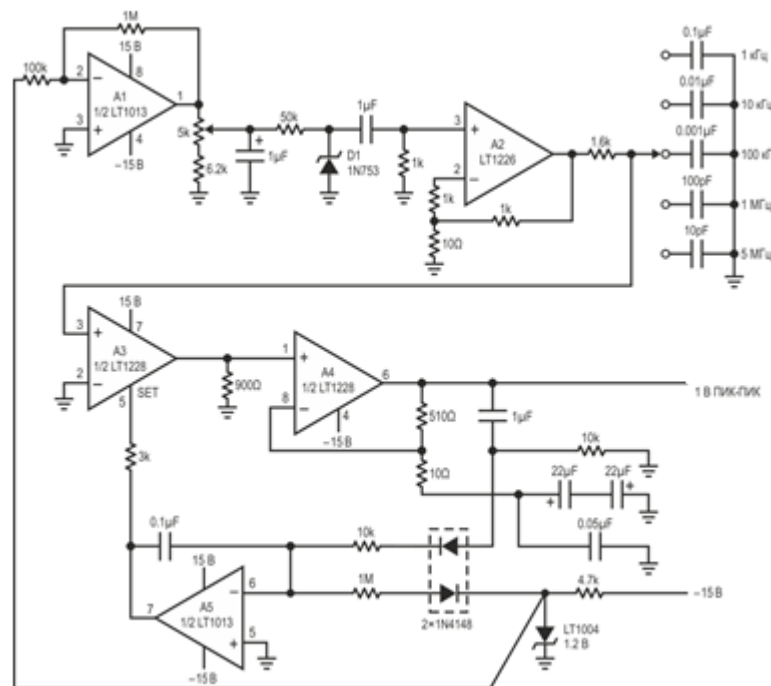


Рисунок 2.11 – Генератор шуму на стабілітроні

Для налаштування цієї схеми слід у положенні перемикача діапазонів "1 кГц" підлаштувальним потенціометром 5 кОм установити максимальне від'ємне зміщення на виводі 5 підсилювача A3.

## 2.3 Моделювання фільтрів нижніх та верхніх частот генератора високочастотних коливань

### 2.3.1 Моделювання фільтра нижніх частот генератора високочастотних коливань

Важливим питанням нормального функціонування генератора високих коливань є необхідність відсікати завади, які надходять від гармонік, що збуджуються додатковими частотами коливань. Для цього в роботі промодельовано можливість додаткового застосування фільтрів нижніх та верхніх частот. На рисунку 2.12 представлено схему моделі активного фільтра нижніх частот.

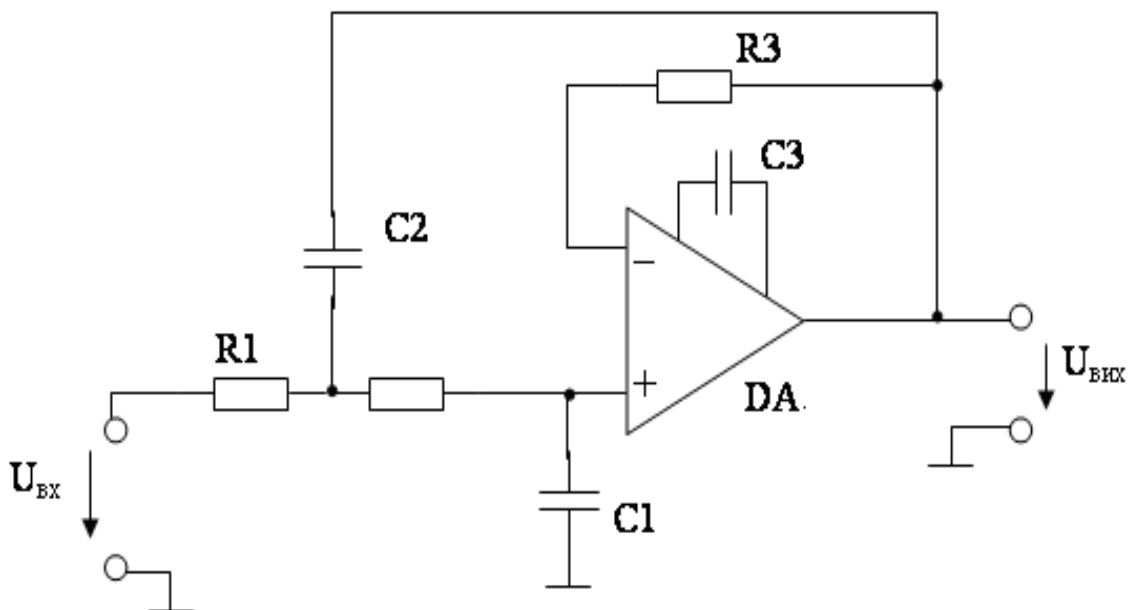


Рисунок 2.12 – Схема моделі активного фільтра нижніх частот

Схема дає спад 40дБ/дек., тобто при збільшенні частоти  $f$  від частоти зрізу до  $10f_{зр}$  амплітуда сигналу зменшується в 100 разів.

Операційний підсилювач в даній схемі включений так, що на постійному струмі він має одиничне підсилення. Резистор R3 у зворотньому зв'язку забезпечує компенсацію зсуву на нульовій частоті.

Коефіцієнт передачі такого фільтра можна записати так [13]:

$$K_u(P) = \frac{1}{(R_1 R_2 C_1 C_2) P^2 + P((R_1 + R_2) C_1) + 1}. \quad (2.1)$$

Передавальна функція

$$H(S) = 1/G_n(S), \quad (2.2)$$

де  $G_n(S)$  – поліном n-го порядку.

Передавальну характеристику фільтра другого порядку можна записати так [13]:

$$H(S) = 1/(S+1)^2 = 1/(S^2 + 2S + 1), \quad (2.3)$$

де  $S$  – нормований оператор Лапласа по частоті зрізу  $\omega_{зр}$  для НЧ фільтра.

$$S = P/\omega_{зр}. \quad (2.4)$$

Підставимо  $S$  у формулу (2.4)

$$H(P) = \frac{1}{\frac{P^2}{\omega_{зр}^2} + \frac{2P}{\omega_{зр}} + 1}. \quad (2.5)$$

Враховуючи те, що  $K_u(P) = H(P)$ , можна прирівняти вирази (2.1) та (2.5) і отримаємо рівняння [13]:

$$\begin{cases} \frac{1}{\omega_{зр}^2} = R_1 R_2 C_1 C_2 \\ \frac{1}{\omega_{зр}^2} = (R_1 + R_2) C_1 \end{cases}. \quad (2.6)$$

Приймаємо рівними  $R_1 = R_2 = R$ . З формули випливає, що:

$$C_1 = C_2 = C = \frac{1}{\omega_{зр} R}. \quad (2.7)$$

Зазвичай значення  $R$  приймається в межах від 10 кОм до 100 кОм.

Приймаємо  $R = 10$  кОм, тоді за формулою (2.5) розрахуємо значення ємності

$C$ . Де  $\omega_{зр} = 2f_{зр}$ ,  $f_{зр} = 1$  кГц – частота розділу, задана в технічному завданні

$$C = 1/(2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3) = 1,59 \cdot 10^{-8} = 15,9 \text{ нФ}.$$

Значення ємності відповідно до стандарту приймаємо рівною 15 нФ.

Опір зворотнього зв'язку рекомендується приймати рівним [14]:

$$R_3 = R, \quad (2.8)$$

$$R_3 = 2 \cdot 10 \cdot 10^3 = 20 \text{ кОм.}$$

Щоб задовільнити критерії, які ставляться перед фільтрами, АЧХ повинна бути на рівні 0,707 на частоті зрізу  $f_{зр} = 1$  кГц та на рівні 0 дБ в межах смуги пропускання.

Аналіз розрахованої схеми із застосуванням комп'ютерної програми Мігосар 5.0 представлено на рисунку 2.13 [15].

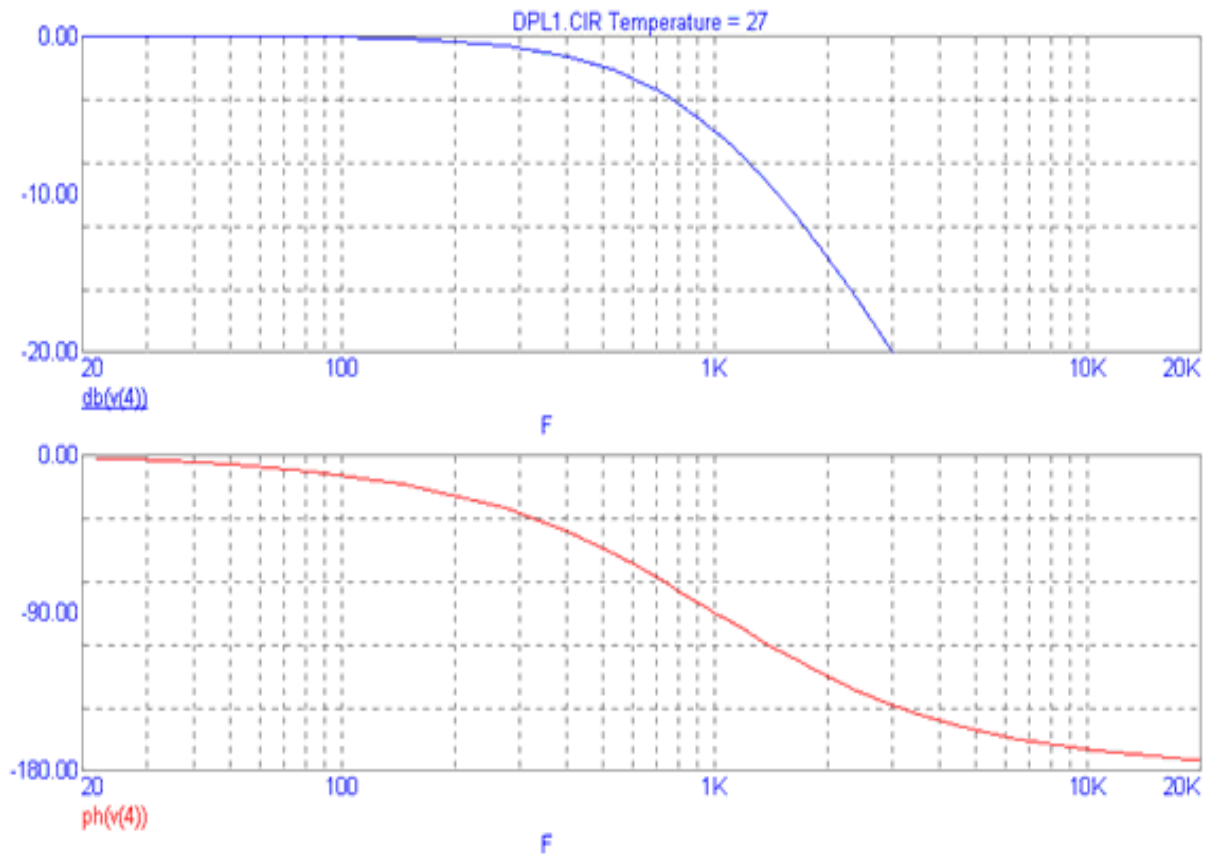


Рисунок 2.13 – АЧХ та ФЧХ активного ФНЧ

### 2.3.2 Моделювання фільтра верхніх частот генератора високочастотних коливань

На рисунку 2.14 представлено схему модель активного фільтра нижніх частот.

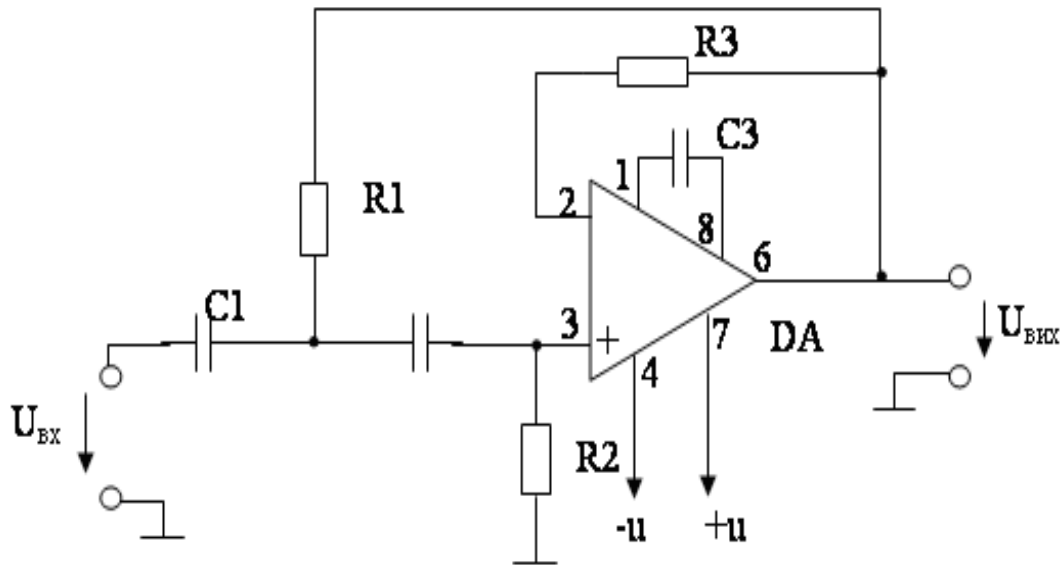


Рисунок 2.14 - Схема моделі активного фільтра верхніх частот

Дана схема виконує обернену функцію ніж схема, описана вище. Тому розрахунок схеми є аналогічним, але із врахуванням окремих моментів. Коефіцієнт передачі фільтра виражається через формулу [13]

$$K(p) = \frac{p^2}{p^2 + p \frac{C1 + C2}{C1 \cdot C2 \cdot R2} + \frac{1}{R1 \cdot R2 \cdot C1 \cdot C2}} \quad (2.9)$$

Скориставшись фільтром прототипом [1] передавальну функцію запишемо так [13]

$$H(S) = \frac{1}{1 + S^2} = \frac{1}{S^2 + 2S + 1}, \quad (2.10)$$

$S$  – оператор Лапласа по частоті зрізу  $\omega_{зр}$  для ВЧ-фільтра запишеться так:

$$S = \omega_{зр}/p. \quad (2.11)$$

Підставивши вираз (2.11) у формулу (2.10) отримаємо:

$$H(p) = \frac{p^2}{p^2 + 2p\omega_{zp} + \omega_{zp}^2}. \quad (2.12)$$

Прирівнявши вирази  $K(p)$  і  $H(p)$  отримаємо наступні рівняння:

$$\begin{cases} \omega_{zp}^2 = \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2} \\ 2\omega_{zp} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 R_2} \end{cases}. \quad (2.13)$$

Прийmemo рівними  $R_1=R_2=R=10$  кОм. Тоді із рівняння (2.13) випливає:

$$C_1=C_2=C = \frac{1}{\omega_{zp} R}, \quad (2.14)$$

де  $\omega_{zp} = 2\pi f_{zp}$ ,  $f_{zp}=1$  кГц – задана частота розділу.

Розрахуємо

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3} = 15,9 \text{ нФ.}$$

Ємність  $C$  приймаємо як стандартний номінал 15 нФ.

Для мінімізації по постійному струму опір зворотнього зв'язку прийmemo в двічі більшим  $R$  [14]:

$$R_3 = 2R = 20 \text{ кОм.}$$

На рисунку 2.15 представлено схему модель активного фільтра нижніх частот

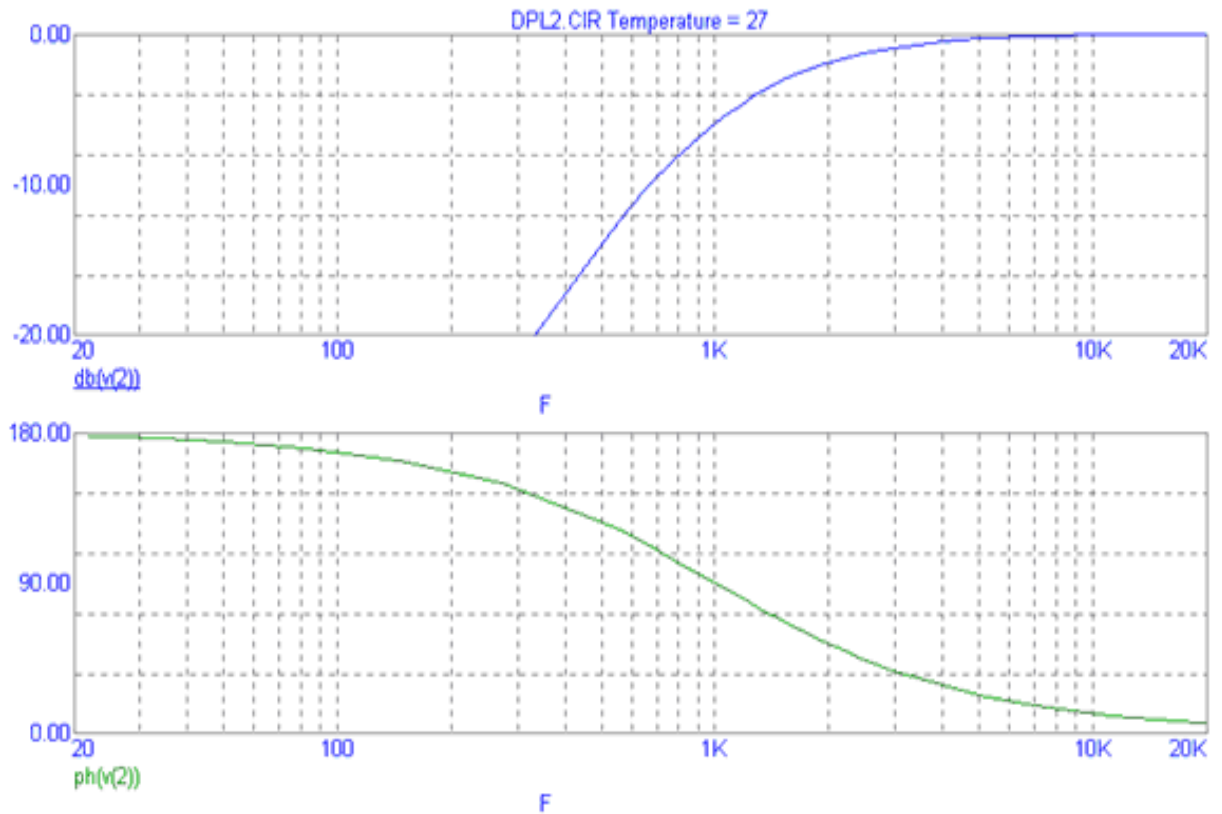


Рисунок 2.15 – АЧХ та ФЧХ активного ФВЧ

#### 2.4 Моделювання роботи генератора шуму

У роботі проведено також моделювання роботи генератора шуму, представленого у п.п. 2.2.3, у редакторі Proteus

На рисунку 2.16 представлено результати цього моделювання.

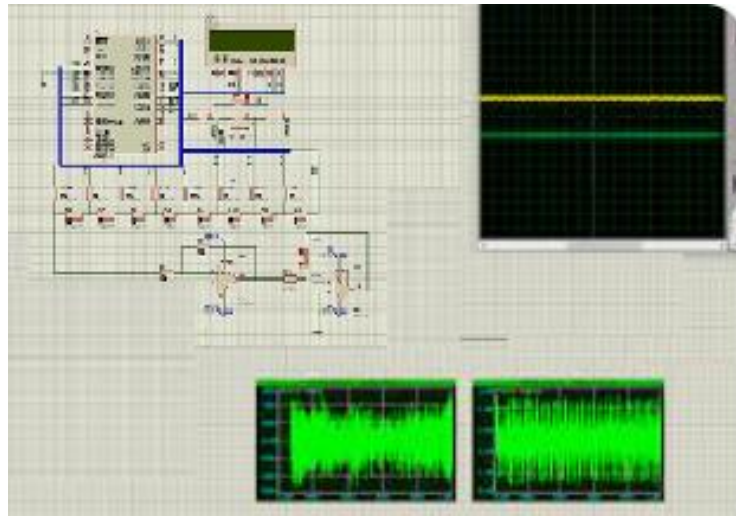


Рисунок 2.16 – Результати моделювання генератора шуму у редакторі Proteus

Як видно із осцилограм, отриманих у результаті моделювання, рівень шуму є достатнім для захисту основної частоти сигналу, яка буде передана пристрою вимірювання температури. Амплітуда сигналу генератора повністю закриває від стороннього доступу.

## 2.5 Подальше вдосконалення схеми генератора шуму

Для подальшого вдосконалення схеми генератора шуму пропонується замінити операційні підсилювачі, які використовуються у представлених вище схемах, прецизійний операційний підсилювач з одним джерелом живлення LT®1006.

Його конструкція була оптимізована для роботи від одного джерела живлення з повним набором технічних характеристик при напрузі 5В. Також надаються технічні характеристики при напрузі  $\pm 15$  В.



LT1006 має низьку напругу зміщення 20 мкВ, дрейф 0,2 мкВ/°С, струм зміщення 120 пА, коефіцієнт підсилення 2,5 млн, відхилення синфазного сигналу 114 дБ і живлення відхилення 126 дБ.

Хоча струм живлення складає всього 340 мкА, новий вихідний каскад може випромінювати або поглинати струм понад 20 мА, зберігаючи високий коефіцієнт підсилення за напругою. Загальноמודовий вхідний діапазон включає заземлення для входів з низьким рівнем заземлення від тензорезисторів або термопар, а вихід може коливатися в межах декількох мілівольт від землі. Якщо вища швидкість розгортки (понад 1 В/мкс) або робота в режимі мікропотужності (струм живлення до 90 мкА), робочі струми можна змінити, підключивши до виводу 8 зовнішній додатковий резистор до виводу 8 (рисунок 2.17) [16].

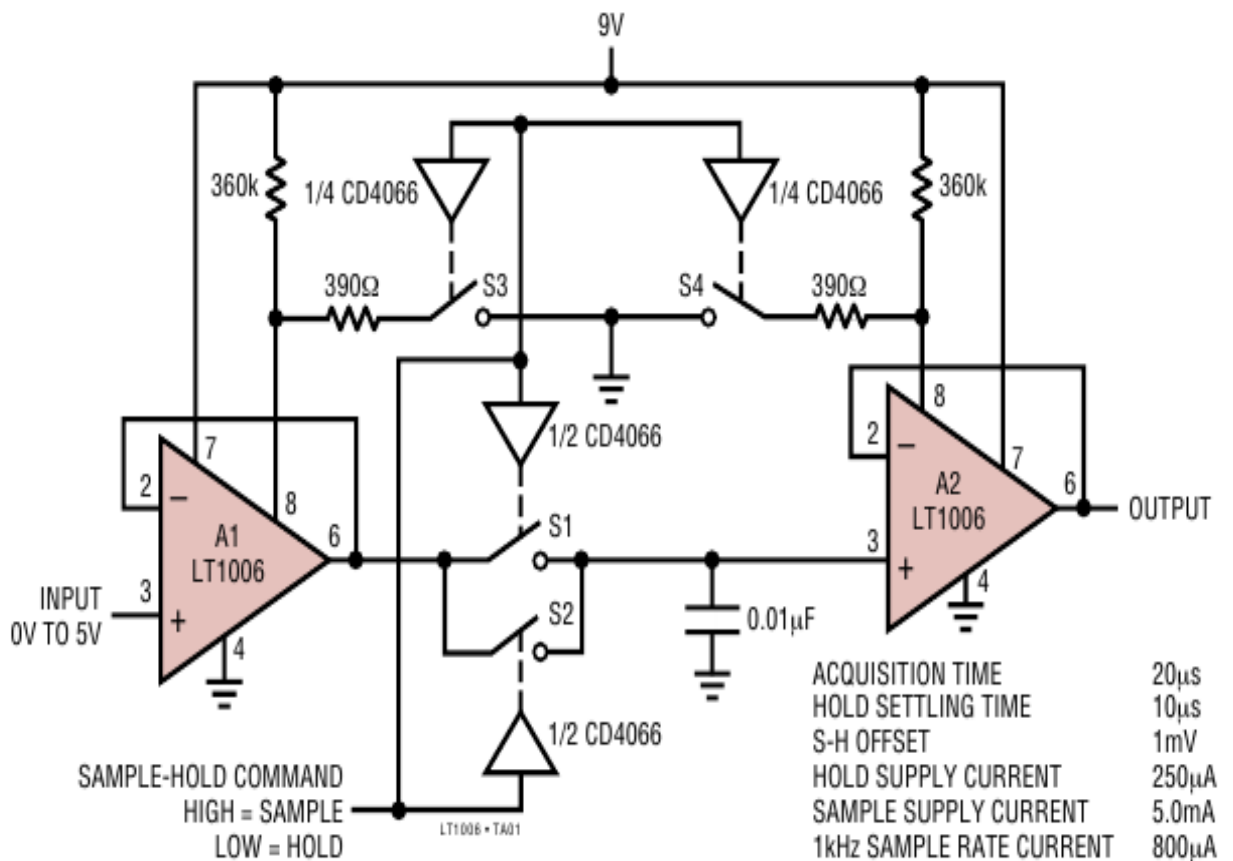


Рисунок 2.17 - Операційний підсилювач з одним джерелом живлення LT®1006

У подальшому для вдосконалення також пропонується у генераторі шуму замінити діоди на 2-контактний смуговий діод LT®1004, розроблений

для забезпечення високої точності і відмінні температурні характеристики при дуже низьких робочих струмах. Оптимізація ключових параметрів при проектуванні, обробці і тестуванні приладу призводить до характеристик точності, які раніше досяжні лише з окремими приладами. Нижче наведено схему підключення діода LT®1004 (рисунок 2.18) [117]

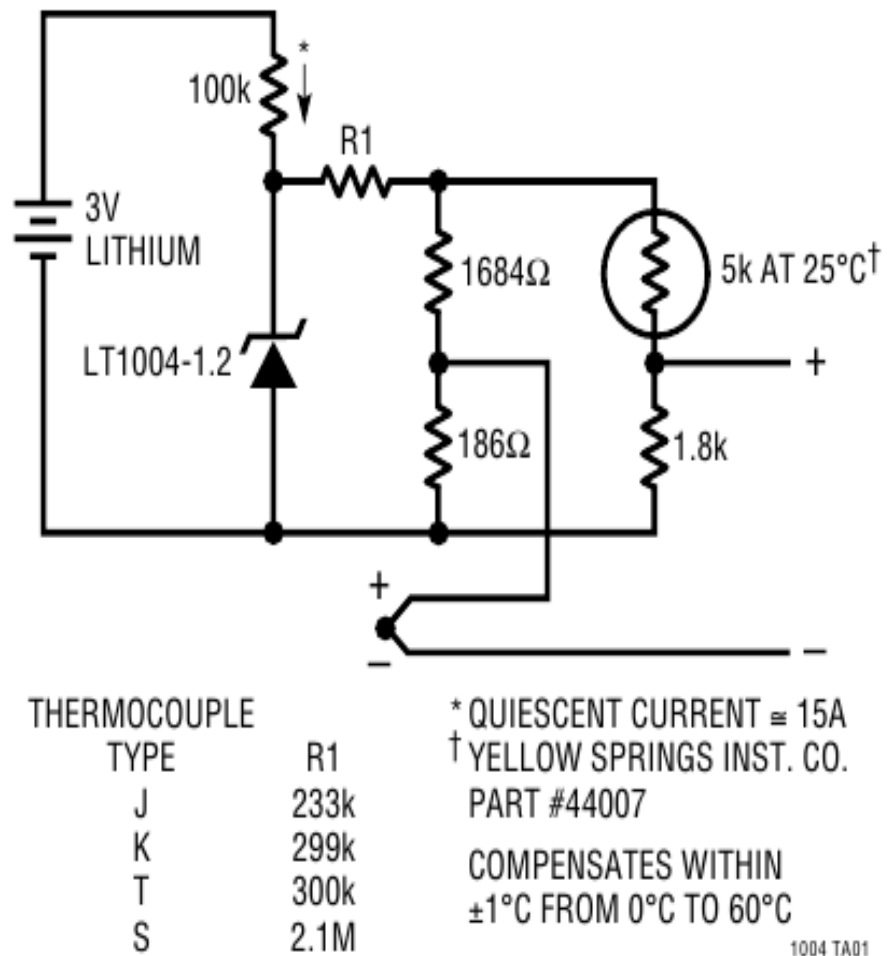


Рисунок 2.18 – Схема підключення діода LT®1004

Практично всі прилади добре вкладаються у встановлені межі  $\pm 4$  мВ. LT1004 є повною заміною для LM185/LM385 з покращеними характеристиками точності, точнішими характеристиками. Що ще важливіше, LT1004 є привабливим пристроєм для використання в системах, де точність раніше досягалася за рахунок споживання енергії та підстроювання.

Отже, за результатами розділу можна зробити наступні висновки:

1) у розроблюваному пристрої у якості інформаційного каналу пропонується застосувати сигнал високої частоти, захищений від зовнішнього втручання сигналами, згенерованими за технологією SST (Spread Spectrum Technology) - розподіл сигналу за спектром частот. Це дає змогу значно підвищити пропускну здатність каналу завдяки більшій завадостійкості;

2) у якості електронно-оптичного пристрою реєстрації теплового випромінювання обрано камеру DH20T з підсилювачем сигналів, яку розміщено на базовій платформі БПЛА DJI;

3) розроблено моделі основних функціональних вузлів блоку фільтрів для багатосмугових підсилювачів низької та високої частоти;

4) проведено моделювання блоку фільтрів для багатосмугових підсилювачів низької частоти в редакторі Мігросар 5.0, яке показало достатньо стабільні показники параметрів керування схемою;

5) проведено моделювання генераторів шуму у редакторі Proteus. Результати продемонстрували добру захищеність основного інформаційного каналу пристрою

6) запропоновано подальше удосконалення схеми генератора шуму за рахунок використання операційного підсилювача LT1006 та діода LT1004.

### 3 Техніко - економічне обґрунтування виготовлення електронних схем пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань

#### 3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення електронних схем пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань

Топологічний аналіз показує, що пристрій може бути реалізований у вигляді за сучасною маловитратною технологією тонко плівкових гібридних мікроборок. Але у відмінності від стандартної технології у гібридного виконання всі елементи будуть навісними, а напиленням на підкладці виконується лише струмопровідний шар.

Для вибору технології виготовлення електронної схеми проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (табл. 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (табл. 3.2) [18].

Таблиця 3.1 - Можливі варіанти технологій виробництва пристрою

Технологія		Короткий опис
A	Напівпровідникових інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані на поверхні та в об'ємі загального кристала напівпровідника
B	Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді товстих композитних плівок.
C	Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді тонких плівок провідних та резистивних матеріалів.
D	Тонкоплівкових гібридних мікроборок	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано у вигляді тонких плівок.

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3.

Встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (табл. 3.3) [18].

Таблиця 3.2 - Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}$	$X_i$
1. Швидкодія	1	1/3	3	1/7	1/5	3	0,664	0,073
2. Завадостійкість	3	1	3	1/3	1/7	3	1,042	0,116
3. Споживання	1/3	1/3	1	1/5	1/7	3	0,460	0,051
4. Площа	7	3	5	1	1/5	7	2,297	0,254
5. Сумісність	5	7	7	5	1	5	4,277	0,473
6. Вартість	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5	1	0,293	0,033
	$\Sigma$						9,033	1,00

У матриці прийняті наступні позначення:  $i$  – номер критерію; при порівнянні 6-ох критеріїв (табл. 3.3)  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ;  $X_i$  - локальний пріоритет, тобто відносна вага  $i$ -го критерію в глобальному критерії:

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (табл. 3.4 - 3.9). Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію, то  $i = 1, 2, 3, 4$ .

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}}{\sum_{i=1}^4 \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}},$$

де  $\Sigma$  - сума по стовпці  $\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$ .

Таблиця 3.4 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкодія»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	1/5	3	3	1,16	0,19
B	5	1	7	7	3,96	0,65
C	1/3	1/7	1	1/2	0,39	0,07
D	1/3	1/7	2	1	0,56	0,09
Σ					6,07	1,00

Таблиця 3.5 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «завадостійкість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	5	1	1/3	1,14	0,21
B	1/5	1	1/5	1/7	0,48	0,09
C	1	5	1	1/3	1,56	0,29
D	3	7	3	1	2,20	0,41
Σ					5,37	1,00

Таблиця 3.6 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «споживання»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	5	1/5	1/7	0,61	0,09
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/3	1,85	0,29
D	7	9	3	1	3,71	0,58
Σ					6,41	1,00

Таблиця 3.7 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «площа»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	5	3	5	0,99	0,21
B	1/5	1	1/3	1/2	0,24	0,05
C	1/3	3	1	3	2,03	0,43
D	1/5	2	1/3	1	1,47	0,31
Σ					4,73	1,00

Таблиця 3.8 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «сумісність»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	1/3	1/5	0,76	0,13
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/2	2,41	0,41
D	3	9	2	1	2,47	0,42
$\Sigma$					5,88	1,00

Таблиця 3.9 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	3	5	6	3,08	0,56
B	1/3	1	3	4	1,41	0,26
C	1/5	1/3	1	2	0,60	0,11
D	1/6	1/4	1/2	1	0,38	0,07
$\Sigma$					5,47	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутоків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт (табл. 3.10) [318].

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта виготовлення електронної схеми генератора основної сигнальної частоти для пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань з використанням технології тонкоплівкових гібридних мікрозборок.

Таблиця 3.10 - Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,073	0,116	0,051	0,254	0,473	0,033	
Напівпровідникових інтегральних схем	0,19	0,21	0,09	0,21	0,13	0,56	0,176
Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	0,65	0,09	0,04	0,05	0,04	0,26	0,100
Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	0,07	0,29	0,29	0,43	0,41	0,11	0,360
Тонкоплівкових гібридних мікроборки	0,09	0,41	0,58	0,31	0,42	0,07	0,364

За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння чотирьох типів технологій виготовлення електронної схеми пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань за наступними критеріями: 1) швидкодія; 2) завадостійкість; 3) споживана потужність; 4) площа, займана на кристалі; 5) сумісність; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерію «сумісність» (табл. 3.3). За даними таблиці 3.9 локальний пріоритет за критерієм «вартість» є найвищим для технології напівпровідникових інтегральних схем. Проте найбільший глобальний пріоритет має технологія тонкоплівкових гібридних мікроборки. Саме вона й буде використовуватися для виготовлення електронної схеми пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань.

### 3.2 Розрахунок витрат на виготовлення електронних схем пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань

Витрати на матеріали і напівфабрикати, вказані в таблиці 3.11, склали 1480,00 грн.



Таблиця 3.11 - Розрахунок вартості основних покупних виробів

Матеріали і напівфабрикати	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Вартість матеріалів і напівфабрикатів, грн.
Фольгований склотекстоліт	м <sup>2</sup>	0,2	20	4
Хлорне залізо	кг	0,5	50	25
Мікросхема 063АС	шт.	1	40	40
Операційний підсилювач LT1006	шт.	4	80	320
Перемикач	шт.	4	10	40
Дросель	шт.	10	5	50
Діод	шт.	6	20	120
Транзистор біполярний	шт.	3	10	30
Транзистор польовий	шт.	1	20	20
Конденсатори метало-плівкові типа CL20	шт.	23	5,0	115
Резистор	шт.	18	2,0	36
Папір писальний	уп.	1	180	180
Транспортно-заготівельні витрати				500
Разом				1480

## 4 Охорона праці та техногенна безпека при розробці пристрою дистанційного керування системою тепловізійних вимірювань

### 4.1 Характеристика потенційних шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Під час роботи на виробництві на людину можуть впливати один, або низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути визначена за їх кількістю і за ступенем небезпеки кожного з них зокрема. Безпека праці на виробництві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші - на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори. До небезпечних виробничих факторів відносяться фактори, вплив яких призводить до травм, до шкідливих – фактори, які спричиняють захворювання [19].

В процесі роботи на підприємстві на працівника можуть впливати такі небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- машини, що рухаються, автотранспорт і механізми;
- рухомі незахищені елементи механізмів, машин і виробничого обладнання;
- падаючі вироби техніки, інструмент і матеріали під час роботи;
- ударна хвиля (вибух посудини, що працює під тиском пари рідини);
- струмені газів і рідин, що стікають, із посудин і трубопроводів під тиском;

- підвищене ковзання (через зледеніння, зволоження й замаслювання поверхонь, по яких переміщується робочий персонал);
- підвищені запыошеність й загазованість повітря;
- підвищена чи знижена температура поверхонь техніки, обладнання й матеріалів;
- підвищена чи знижена температура, вологість і рухомість повітря;
- підвищений рівень шуму, вібрації, ультра- та інфразвука;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- гострі кромки, задирки й шорсткість на поверхнях обладнання й інструментів;
- відсутність чи нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- знижена контрастність об'єктів в порівнянні з фоном;
- пряма блискість (прожекторне освітлення територій виробництв, світло фар автотранспорту) і відбита блискість (від розлитої води й інших рідин на поверхні територій виробництв);
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетової й інфрачервоної радіації;
- хімічні речовини (токсичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, що впливають на репродуктивну функцію людини);
- хімічні речовини, що проникають в організм через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви і слизові оболонки;
- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби, найпростіші) і продукти їхньої життєдіяльності;
- перевантаження (статичні й динамічні) і нервово-психічні чинники (емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів, розумова перенапруга, монотонність праці).

Рівні небезпечних і шкідливих виробничих факторів не повинні перевищувати граничнодопустимих значень, встановлених у санітарних нормах, правилах і нормативно-технічній документації.

Розглянемо більш детально небезпечні та шкідливі фактори, які характерні для підприємств, що спеціалізуються на виготовленні приладів мікро- та наноелектроніки.

Небезпечні фактори:

1. Балони з киснем. Обладнання, яке працює під тиском, повинне мати запобіжні пристрої, які не допускають підвищення тиску в обладнанні вище дозволеного.

2. Печі. Всі гарячі частини обладнання, трубопроводів, посудин, дотик до яких може викликати опіки, повинні мати теплову ізоляцію.

3. Електричне виробниче обладнання. Рухомі частини виробничого обладнання, до яких можливий доступ працюючих, повинні мати механічні захисні огорожі. Огородження, дверцята і кришки повинні бути забезпечені пристроями для надійного утримання їх в закритому (робочому) положенні і в разі необхідності заблоковані для їх відключення при знятті огороження. Всі електродвигуни, щити, оболонки кабелів повинні мати надійні заземлення, приєднані до стаціонарного корпусу заземлення. При виконанні ремонтних робіт на обертових механізмах кабелі живлення повинні бути від'єднані і на них має бути накладене переносне заземлення [20].

Шкідливі фактори:

1. Підвищений рівень шуму. Шум має шкідливий вплив на організм людини. При його тривалому впливі знижується гострота слуху, змінюється кров'яний тиск, послаблюється увага, погіршується зір, відбувається зміна в дихальних центрах, порушується координація руху. Інтенсивний шум є причиною порушень роботи серцево-судинної системи, нормальної функції шлунку та ряду інших порушень в організмі людини. Оскільки шкідлива дія шуму залежить і від його частотного складу, поріг буде неоднаковим для

різних шумів. Пороги шкідливої дії шуму приймаються за нормативи шуму, тобто за гранично допустимі рівні шуму на виробництві. В якості таких прийняті наступні нормативи: для низькочастотного шуму граничні значення - 90-100дБ, для середньо частотного шуму - 85-90дБ, а для високочастотного - 75-85дБ. Для надійного контролю правильності вимірювання параметрів шуму введено додатковий критерій для судження про те, чи не перевищує шум допустимих рівнів. Таким критерієм є чіткість сприйняття мовлення, виголошеного з нормальною гучністю в працюючому цеху на відстані 1,5м від випробуваного. Гарною розбірливістю (і, як наслідок, допустимим рівнем шуму) вважається правильне повторення не менше 40 з 50 багатозначних чисел (22, 44, 78 і т. д.).

2. У повітрі робочої зони можливий підвищений вміст шкідливих речовин, таких як кислоти, основи та розчинники. Їх концентрацію у повітрі значно зменшує вентиляція та спеціальні витяжки, або витяжні шафи.

Основні методи боротьби з пилом:

- Зволоження водою до допустимих меж;
- Вентиляційний пристрій, що уловлює пил від місць утворення з очищенням повітря перед викидом в атмосферу;
- Застосування засобів індивідуального захисту (спецодяг, респіратори, захисні окуляри).

#### 4.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Задля безпечної роботи на виробництві співробітники повинні мати заглушки (для цехів із підвищеним рівнем шуму), шапочку (для підтримання достатньої чистоти виробництва), респіратори та протигази (для уникнення

впливу шкідливих парів на організм), халати та фартухи, резинові рукавиці (для електроізоляції) та кислотостійкі рукавиці.

На роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці згідно зі ст.8 Закону України «Про охорону праці» робітникам видається безоплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні та знешкоджуючі засоби:

- халат бавовняний (білий або світлих тонів);
- ковпак (шапочка, косинка) бавовняний (білий або світлих тонів);
- взуття шкіряне (тапочки);
- рукавички хірургічні гумові;
- рукавички гумові;
- нарукавники поліетиленові;
- протигаз фільтруючий;
- коробки фільтруючі марки „Г”;
- мило туалетне;
- рушники (серветки) з паперу (одноразового використання);
- рушник із бавовняної тканини [21].

Вимоги безпеки перед початком роботи:

1. Привести в порядок спецодяг. Робочий одяг не повинний мати звисаючих кінців, чи кінців, що розвіваються, має бути наглухо застебнутий, звисаючі кінці косинок, хусток мають бути підібрані, манжети рукавів повинні щільно обхоплювати руки біля кистей. Волосся має бути закрито щільно облягаючим головним убором. Робота в легкому взутті (тапочках, босоніжках) не допускається. Перевірити і одягти засоби індивідуального захисту. Покласти власний одяг у шкафчик.

2. Впевнитись в тому, що освітлення (загальне чи місцеве) забезпечує чітку видимість поділок на контрольно-вимірювальних приладах, а також поверхонь деталей, що оброблюються.

3. Впевнитись у повній працездатності робочого устаткування.

Задля підтримання рівня безпеки на виробництві під час виконання робіт забороняється:

1. Працювати з незакріпленими деталями;
2. Чистити устаткування під час його роботи;
3. Працювати на несправному устаткуванні, з несправним інструментом, самостійно виконувати його ремонт;
4. Знімати загороджувальні щитки на частинах устаткування, що рухаються;
5. Працювати з інструментом, правила експлуатації якого невідомі;
6. Працювати з інструментом і на устаткуванні, застосування якого не передбачено технологічним процесом;
7. Працювати без необхідних засобів індивідуального захисту;
8. Користуватися для виконання виробничих процесів протипожежним інвентарем із протипожежних стендів;
9. Чистити робочий одяг стисненим повітрям;
10. Одягатися, роздягатися, митися на робочому місці.

З метою підвищення безпеки роботи на виробництві проводиться ретельний контроль працездатності та справності вентиляцій, печей та іншого робочого обладнання, яке знаходиться в експлуатації. Проте на будь-якому виробництві можливі надзвичайні випадки. Вимагається припинити роботу в наступних випадках:

1. Виявлення несправності устаткування і інструмента;
2. Припинення подачі електроенергії;
3. Відключення загального чи місцевого освітлення;
4. Відключення систем загальнообмінної чи місцевої витяжної вентиляції;
5. Пошкодження засобів індивідуального захисту;
6. Погіршення самопочуття;
7. Одержання травми [21].

### 4.3 Виробнича санітарія

Роботи, що виконуються на виробництві належать до категорій:

– Іб(легка) – робота виконується сидячи, стоячи або в русі з незначними фізичними навантаженнями – 140-174Вт.

– Іа(середньої тяжкості) – робота виконується в русі при переміщенні вантажів до 1кг або сидячи чи стоячи з фізичними навантаженнями – 175-232Вт.

Важливим показником, який впливає на здоров'я людей, що працюють на підприємстві, є мікроклімат. Мікроклімат підприємства не відповідає усім діючим нормам. Показниками, які характеризують мікроклімат, є:

– Температура повітря (контролюється за допомогою гігроскопічного психрометра). У теплу пору року температура перевищує допустиму через непрацездатність ряду вентиляційних пристроїв. Зростання температури вище допустимих значень негативно впливає на продуктивність праці людини. У холодну пору року температура повітря робочої зони знаходиться у межах оптимальних значень (18-23°C).

– Швидкість руху повітря знаходиться у межах норми (0,1-0,2м/с).

– Відносна вологість повітря у виробничих приміщеннях нижче оптимального значення влітку та дещо перевищує допустиме значення відносної вологості у холодну пору року (75-77%).

– Інтенсивність теплового випромінювання працюючого від нагрітих поверхонь технологічного обладнання, освітлювальних приладів, інсоляції на постійних і тимчасових робочих місцях не повинна перевищувати 35Вт/м при опроміненні 50% поверхні тіла та більше, 70Вт/м при опроміненні 25-50% поверхні тіла та 70Вт/м при розмірах опромінюваної поверхні не більше 25% поверхні тіла. Джерелом теплового випромінювання є печі.



Інтенсивність теплового випромінювання на виробництві перевищує норми через відсутність якісної теплоізоляції [20, 21].

Мета обладнання приміщення системою вентиляції залежить від конкретних умов. У різних цехах для різних етапів виробництва приладів використовуються системи вентиляції для різних цілей:

- Виведення надлишків тепла, тобто підтримання припустимої температури повітря.
- Виведення шкідливих речовин, тобто підтримання гранично припустимих концентрацій цих речовин у повітрі робочої зони.
- Виведення залишків вологи, тобто підтримання припустимої відносної вологості повітря.

У теплу пору року на виробництві гостро постає питання кондиціонування повітря. Через нестачу кондиціонерів місцевого призначення температура робочих зон перевищує допустиму норму, а відносна вологість нижче бажаного рівня, що може впливати як на працездатність, так і на здоров'я персоналу.

1. Для цехів, де виділяються шкідливі речовини, повітрообмін визначають за кількістю шкідливих газів, парів, пилу, що надходять у робочу зону, з метою розбавлення їх припливним повітрям до гранично допустимих концентрацій:

$$L = \frac{U}{k_1 - k_2}, \quad (4.1)$$

де  $U$  – кількість шкідливої речовини, що надходить у повітря цеху, мг/год;  $k_1$  – гранично допустима концентрація шкідливої речовини, що надходить у повітря цеху, мг/м<sup>3</sup>;  $k_2$  – концентрація тієї ж речовини у припливному повітрі, мг/м<sup>3</sup>.

В повітрі знаходяться випари оксидів азоту та вуглецю. З довідникових значень знайдемо значення повітрообміну:

$$L = \frac{75}{5-25} + \frac{163}{20-52} = -8,8 \quad (4.2)$$

Отже, повітрообмін цеху знаходиться у критичному стані, про що свідчить від'ємне значення розрахованого параметру.

Зорові роботи у приміщенні об'єкту належать до класу найвищої точності (найменший розмір об'єкта менше 0,15мм). Природне освітлення робочих місць здійснюється через віконні прорізи, що відповідає боковому освітленню. Норма бокового освітлення для даного класу робіт – 3,5%. Фактичні значення бокового освітлення відповідають нормі (4%).

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 норма освітленості робочих місць при комбінованому штучному освітленні для зорових робіт найвищої точності становить 2000лк. Фактичне значення освітленості робочих місць при штучному освітленні відповідає нормі.

Основні засоби техніки безпеки – герметизація апаратури і устаткування, наявність припливний витяжній вентиляції в приміщенні проведення робіт і витяжна шафа для проведення експериментальних досліджень, виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням (рис. 4.1).

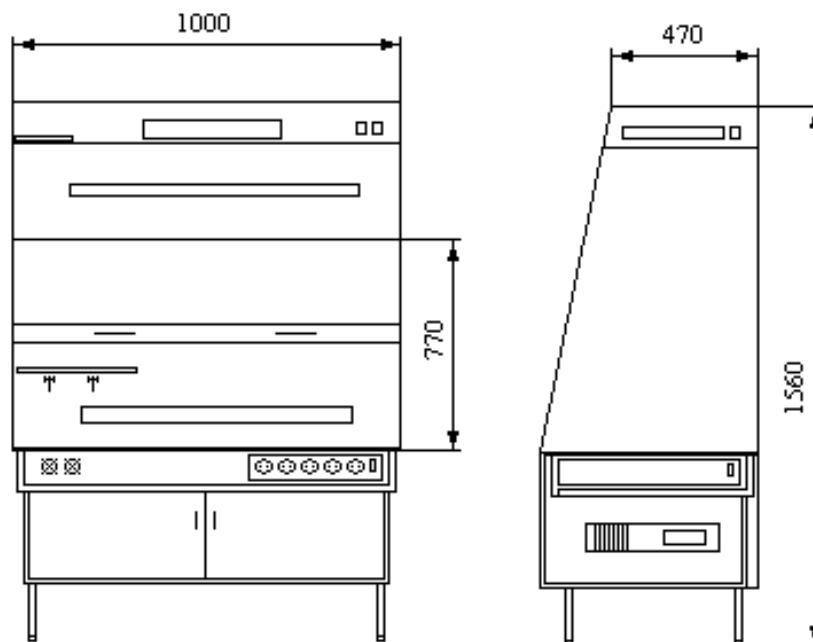


Рисунок 4.1 – Витяжна шафа для проведення експериментальних досліджень, виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням

#### 4.4 Електробезпека

В організації, що експлуатує будь-які види електротехніки має бути забезпечено їх утримання у справному стані. Відповідальність за це несе інженер з охорони праці або фахівець, що виконує функції по забезпеченню охорони праці.

Експлуатація такого устаткування повинна проводитися відповідно до інструкцій, правил і норм безпеки, вимог охорони праці та ін. Електричне обладнання повинне своєчасно проходити технічне планове обслуговування, ремонт, профілактичні випробування та інші види обслуговування, що забезпечують його справну роботу.

До роботи на електричному обладнанні допускаються особи, які мають необхідну групу електробезпеки, пройшли медичний огляд і не мають

протипоказань за станом здоров'я, що пройшли інструктаж з правил експлуатації і техніки безпеки. У компанії обов'язково повинні проводитися інструктажі з охорони праці та техніки безпеки для всього електротехнічного і неелектротехнічного персоналу, крім того, для всіх працівників повинні бути розроблені відповідні інструкції. Персонал, що працює з електричним обладнанням, повинен бути забезпечений засобами електрозахисту і спецодягом, а самі електричні установки - укомплектовані засобами захисту і всім необхідним для пожежогасіння.

Перевірку дотримання даних вимог підприємствами проводять органи енергонагляду, державної інспекції праці та ін.

Заходи попередження ураження людей електрострумом включають огорожу і ізоляцію будь-яких частин електричного обладнання та установок, що знаходяться під напругою. Також на підприємствах повинно бути організовано, де це можливо і де необхідно відповідно до правил і норм, застосування малої напруги. Обов'язковою мірою є заземлення або занулення всіх металевих конструкцій і кабелів, а також використання засобів індивідуального та колективного електрозахисту. Також до організаційних заходів відносяться заходи по допуску до роботи з електрикою і нагляду під час роботи фахівців на електроустановках.

Заземленню або зануленню підлягають такі конструкції і елементи:

- металеві корпуси технічних засобів і обладнання;
- електроприводи;
- вторинні обмотки трансформаторів;
- каркаси щитів управління, шаф та ін.;
- пересувні електричні установки та обладнання;
- інші кабельні та металеві конструкції.

Заземлення та занулення повинні проходити інструментальну перевірку відразу після монтажу, при експлуатації - не рідше 1 разу на рік, а також після проведеного ремонту.

Забезпечення заходів електробезпеки на підприємстві регламентується Міжгалузевими правилами охорони праці, Правилами улаштування електроустановок та іншими нормативними актами, затвердженими державними органами [19, 21].

#### 4.5 Протипожежна безпека

Співробітники, відповідальні за забезпечення пожежної безпеки приміщень призначаються замовленням директора установи.

Особи, призначені за заявою, є відповідальними за забезпечення пожежної безпеки приміщень або ділянок території.

Відповідальні за пожежну безпеку зобов'язані в кінці робочого дня проводити щоденний огляд закріплених за ними об'єктів.

При огляді слід контролювати прибирання приміщень:

- корзини для збору відходів повинні бути пустими;
- електроприлади, що знаходяться в приміщенні знеструмлені, штепсельні вилки витягнуті з електричних розеток;
- вікна закриті і зафіксовані;
- проходи та виходи із приміщень вільні та обладнані знаками охоронної безпеки та планами евакуації;
- електричне освітлення, за виключенням чергового освітлення відключене;
- вхідні двері закриті;
- автоматична сигналізація включена і функціонує;
- первинні засоби пожежогасіння повинні знаходитися в спеціально відведених місцях і доступ до них повинний залишатися вільним.

Якщо при огляді виявлено порушення дійсних правил, слід негайно повідомляти про порушення, що пред'являються відповідальним за запобіжну безпеку або керівнику установи.

Для запобігання виникненню пожеж від електричного струму, висвітлення, нагріву струмоведучих частин, дугового розряду та ін. необхідно дотримуватися "Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів", інструкції по експлуатації електричних приладів. Всі приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння відповідно до норм і правил пожежної безпеки. Засоби пожежотушіння повинні розміщатися в пожежних шафах і обов'язково позначені відповідним знаком пожежної безпеки. Всі наявні первинні засоби пожежогасіння повинні постійно утримуватися в справному стані і регулярно, відповідно до технічних умов експлуатації, випробовуватися на придатність до використання [21].

Співробітники установи зобов'язані виконувати правила пожежної безпеки.

Для запобігання пожежі в приміщеннях будівлі забороняється:

- використовувати нагрівальні електроприбори для опалення приміщень;
- приготування та розігрівання їжі поза спеціально відведеними місцями, узгоджених з Державною протиповітряною службою;
- використовувати електричні прилади, споживана потужність яких перевищує допустиму потужність електромережі;
- залишати без нагляду будь-які прилади та пристрої, що знаходяться під напругою;
- підключати електроприбори без стандартних штепсельних роз'ємів;
- використовувати несправні електричні вимикачі, розетки, штепсельні роз'єми з розбитими корпусами, обгорілі і контактами;
- з'єднання, які нагріваються в місцях контакту;

- світильники без колпаків;
- здійснювати монтаж мереж без дотримання вимог "Правил пристроїв електроустановок";
- використовувати для захисту електромережі некалібровані плавкі вставки або автоматичні вимикачі, струм спрацьовування яких перевищує максимально допустиме значення для електромережі.

Всі перемикання та ремонтні роботи в електромережах повинні виконуватися спеціалістами, що мають допуск до роботи та групу електричної безпеки не нижче третьої.

Підключати до електричних мереж несправні електроприлади заборонено.

Забороняється:

- виконувати нагрів труб опалення, водопостачання та каналізації паяльними лампами або іншим способом із застосуванням відкритого вогню. Нагрівання слід виконувати - гарячою водою, паром, розігрітим піском або іншими пожежобезпечними способами;
- зберігати ємності з горючими, легкозаймистими рідинами, балони з горючими газами, горючі предмети та матеріали на шляхах евакуації, а саме в коридорах, на сходових клітках, у вестибюлі, в тамбурах евакуаційних виходів, а також в підвалах, на горищах, в технічних приміщеннях електрощитових, в вентиляційних камерах;
- зберігати на місцях проведення ремонтних і реконструкційних робіт пиломатеріали в кількості, що перевищує добову потребу, по залишати закінчення робочого дня легкозаймисті відходи;
- захаращувати шляхи евакуації меблями, матеріалами, обладнанням коридорів, сходові клітки, вестибюлі, тамбури евакуаційних виходів з будинку, доступ до первинного засобів пожежогасіння, електророзподільні щити і пристрої, що вимикають;

- закривати на важко відкриті засуви двері евакуаційних виходів в період перебування в будівлі людей;
- проводити перепланування і перепрофілювання приміщень, зводити на території різного роду споруди та прибудови без дотримання протипожежних вимог і без узгодження з органами державного пожежного нагляду;
- використовувати наявні засоби пожежогасіння не за прямим призначенням;
- зберігати горючі рідини, вогнезахисні предмети та матеріали, горючі гази в приміщеннях установи за виключенням спеціально обладнаних місць, де їх застосування передбачено технологічним процесом. При експлуатації цих приміщень необхідно керуватися спеціальними вказівками. Забезпечення пожежної безпеки при проведенні господарських та пожежостійких робіт регулюється окремою інструкцією. Вимикати автоматичні засоби протипожежної охорони, систему оповіщення про пожежі, автоматичні пристрої виявлення пожеж або автоматичну пожежну сигналізацію, установку автоматичного пожежогасіння суворо заборонено. При необхідності таких відключень, робити це тільки з письмового дозволу керівника, з прийняттям необхідних заходів протипожежного захисту, в достатній мірі компенсуючих зниження протипожежної захищеності будівлі [21].



## Висновки та рекомендації

Отже, за результатами роботи можна зробити наступні висновки:

1) у розроблюваному пристрої у якості інформаційного каналу пропонується застосувати сигнал високої частоти, захищений від зовнішнього втручання сигналами, згенерованими за технологією SST (Spread Spectrum Technology) - розподіл сигналу за спектром частот. Це дає змогу значно підвищити пропускну здатність каналу завдяки більшій завадостійкості;

2) у якості електронно-оптичного пристрою реєстрації теплового випромінювання обрано камеру DH20T з підсилювачем сигналів, яку розміщено на базовій платформі БПЛА DJI;

3) розроблено моделі основних функціональних вузлів блоку фільтрів для багатосмугових підсилювачів низької та високої частоти;

4) проведено моделювання блоку фільтрів для багатосмугових підсилювачів низької частоти в редакторі Microcap 5.0, яке показало достатньо стабільні показники параметрів керування схемою;

5) проведено моделювання генераторів шуму у редакторі Proteus. Результати продемонстрували добру захищеність основного інформаційного каналу пристрою

6) запропоновано подальше удосконалення схеми генератора шуму за рахунок використання операційного підсилювача LT1006 та діода LT1004.

Як рекомендації щодо розроблюваного пристрою можна відмітити наступне:

1) система може бути використана в подальших розробках дистанційно-керованих інформаційних системах;

2) макетний варіант системи може бути використаний в лабораторному практикумі та при проведенні практичних занять кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення.

## Перелік посилань

1. Колобродов В. Г., Шустер Н. Тепловізійні системи (фізичні основи, методи проектування і контролю, застосування): Підруч. для вузів. Київ : Тираж, 1999. 340с.
2. Колобродов В. Г., Лихоліт М. І. Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження. Київ, НТУУ «КПІ», 2007. 363 с.
3. Lei Lin, Benkang Chang. New apparent distance-detecting equation for low-lighting level imaging system // Optical Engineering. 1998 Vol.37. №7 p. 1902–1913.
4. Дрони з тепловізором: теорія та практика Режим доступа : URL: <https://store.quadro.ua/droni-z-teplovizorom-teoriya-ta-praktika/> (дата звернення: 10.10.2023).
5. Комп'ютерні мережі: навч. посібн. / Буров Є. – 2-ге оновлене і доповнений вид. Львів : БаК, 2003. 584 с.
6. Комп'ютерні мережі: підруч. / під ред. Ю. С. Ковпанюка. Київ : Видавництво «Юніор», 2005. 400 с.
7. Wireless Application Protocol WAP 2.0. [Електронний ресурс] / Technical white paper. Режим доступа : URL: <http://www.wapforum.org> (дата звернення: 10.10.2023).
8. DJI камера з тепловізором для дрона DJI MATRICE 300 RTK - DJI ZENMUSE H20T URL: <https://dronecenter.ua/pidvis-z-teplovizorom-dji-zenmuse-h20t> (дата звернення: 10.10.2023).
9. Буров Є. В. Комп'ютерні мережі / Є. Буров; За ред. В. Пасічника. — 2-е вид, оновлене і доп. Львів: БаК, 2003. 584 с.
10. Климаш М. М., Пелішок В. О. Проектування ефективних систем безпроводного зв'язку / М. М. Климаш, В. О. Пелішок. – Львів : [б. в.], 2010. 232 с.

11. Верьовкін Л. Л., Світанько М. В., Кісельов Є. М., Хрипко С. Л. // Цифрова схемотехніка Підручник для студентів технічних вузів і коледжів, Запоріж. держ. інж. акад. Запоріжжя: ЗДІА. 2016.
12. Ткачук В. М. Радіопередавальні пристрої : навчальний посібник / В. М. Ткачук, С. М. Цирульник, Т. А. Петренко. Вінниця : Т. П. Барановська, 2015. 188 с.
13. Antognetti, P.; Massobrio, G.: Semiconductor device Modeling with SPICE. New York: McGrawwHill, 1988.
14. Calcutt D., Cowan F., Parchizadeh H. 8051 Microcontrollers: An Applications Based Introduction. Oxford: Newnes, 2004.
15. Mazidi M.A., McKinlay R. 8051 Microcontroller and Embedded Systems. NJ: Prentice Hall, 2005. 640 p.
16. Precision, Single Supply Op Amp URL : [https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/lt-journal-article/ltmag\\_v05n4\\_dec95.pdf](https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/lt-journal-article/ltmag_v05n4_dec95.pdf) (дата звернення: 10.10.2023).
17. Micropower Voltage Reference Precision, Single Supply Op Amp URL : [https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/lt-journal-article/ltmag\\_v05n4\\_dec95.pdf](https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/lt-journal-article/ltmag_v05n4_dec95.pdf) (дата звернення: 10.10.2023).
18. Основи наукових досліджень : навч. посіб. / за заг. ред. Т. В. Гончарук. Тернопіль, 2014. 272 с.
19. Бегун В. В., Науменко І. М. Безпека життєдіяльності : Навч. посібник. Київ : МОНУ, 2004. 328 с.
20. Охорона праці. Методичні вказівки до проведення практичних занять та виконання контрольних робіт для студентів ЗДІА інженерних спеціальностей / Укл. В. Г. Рижков Запоріжжя, 2005. 43 с.
21. Безпека життєдіяльності. Методичні вказівки до практичних занять та контрольні завдання для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання / Укл. В. Г. Рижков. Запоріжжя, 2005. 24 с.

**Міністерство освіти і науки України**  
**Запорізький національний університет**  
**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні**



**III ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗА  
УЧАСТЮ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ  
«АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА  
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»**

**17-20 жовтня 2023 року**



Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний університет  
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні  
Запорізька міська рада  
Запорізька обласна державна адміністрація  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Національний університет «Кієво-Могилянська Академія»  
Національний університет кораблебудування імені Адмірала Макарова  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
Національний транспортний університет

III ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
ЗА УЧАСТЮ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ  
«АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО  
ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ  
УКРАЇНИ»

**17-20 жовтня 2023 року**

Запоріжжя

2023

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

### Голова оргкомітету:

**Фролов М.О.** – доктор історичних наук, професор, в.о. ректора ЗНУ.

### Заступники голови:

**Васильчук Г.М.** – доктор історичних наук, професор, проректор ЗНУ з наукової роботи.

**Метеленко Н.Г.** – доктор економічних наук, професор, директор ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ.

**Белоконь К.В.** – кандидат технічних наук, доцент, заступник директора з наукової роботи ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ.

### Члени оргкомітету:

**Амінов Р.Ф.** – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри фізіології, імунології і біохімії з курсом цивільного захисту та медицини біологічного факультету ЗНУ, голова Ради молодих вчених ЗНУ;

**Арутюнян І.А.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри промислового та цивільного будівництва ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ;

**Банаш А.В.** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри міського будівництва та архітектури ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ;

**Барабаш О.В.** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та ТЗНС Національного транспортного університету;

**Белоконь Ю.О.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ;

**Бондаренко В.В.** – заступник начальника управління інвестицій та проєктів Департаменту економічного розвитку Запорізької міської ради;

**Воронкова В.Г.** – доктор філософських наук, професор, завідувач кафедри управління та адміністрування ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ;

**Внукова Н.В.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету;

**Коваленко В.Л.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ;

**Критська Т.В.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ;

**Мальований М.С.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та збалансованого природокористування національного університету «Львівська політехніка»;

**Меліхова Т.О.** – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри обліку, аналізу, оподаткування та аудиту ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ;

**Власов А.О.** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри металургійного обладнання ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ;

**Пірогова І.М.** – заступник директора Департаменту захисту довкілля Запорізької обласної державної адміністрації;

**Степова О.В.** – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової та міжнародної роботи Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

**Тарабан Є.В.** – аспірантка, голова наукового товариства студентів, аспірантів та докторантів Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ;

**Ткаченко Т.М.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри охорони праці та навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури;

**Трохименко Г.Г.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій Національного університету кораблебудування імені Адмірала Макарова;

**Храпкіна В.В.** – доктор економічних наук, професор, кафедра маркетингу та управління бізнесом, Національний університет «Кієво-Могилянська Академія»;

**Шапуров О.О.** – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ;

**Шмандій В.М.** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та біотехнології Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

#### План

проведення III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»

17-20 жовтня 2023 р. – засідання секцій відповідно до програми.



## ЗМІСТ

**СЕКЦІЯ «ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»**

<b>Гречаний О. М., Пімкін А.Є., Гальченко А.О., Лінник Ю.М.</b> Аналіз недоліків роботи вузлів поворотного столу обтискного стану 1150. ....	5
<b>Гречаний О. М., Шевченко І.О., Лінник Ю.М.</b> Аналіз існуючих типів конвеєрних машин обтискних прокатних станів та їх подальший розвиток.....	7
<b>Гречаний О. М., Губін А.В.</b> Аналіз конструктивних особливостей шпindelних пристроїв прокатних станів.....	12
<b>Гречаний О. М., Ткаченко Є.В., Шупік С.О.</b> Аналіз підвищення ефективності роботи дресувального стану 1700.....	14
<b>Міхайлуца О.М., Власова Л.А.</b> Програмне забезпечення для розрахунку потреби в запасних частинах.....	16
<b>Таратута К.В., Борщевський Б.І.</b> Аналіз конструкцій механізму переміщення підлогової машини мартенівського цеху.....	18
<b>Таратута К.В., Куницін В.О.</b> Аналіз конструкцій натискових механізмів прокатних станів.....	20
<b>Таратута К.В., Осінов Д.С.</b> Критерії оцінки надійності приводів волочильного обладнання на етапі проектування.....	22

**СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РОБОТОТЕХНІКА»**

<b>Artemchuk V.V., Myliy O.V., Bandurenko I.I., Berezin O.O.</b> Energy management in the educational process: theory and practice.....	25
<b>Artemchuk V.V., Krol O.V., Umnov P.V., Kuznetsov R.P.</b> Energy management: key aspects and impact on sustainable development.....	27
<b>Artemchuk V.V., Klymchuk D.V., Prokopenko D.V., Skliar V.I.</b> Energy management and smart grids: navigating the future of electrical infrastructure..	29
<b>Artemchuk V.V., Karasev O.P., Pavlovskiy E.A., Chernevych M.V.</b> The main development elements of an energy installation of electric rolling stock with autonomous power supply.....	31
<b>Артемчук В.В., Коваленко Ю.Л.</b> Оптимізація системи електроспоживання ПАТ «Дніпрспецсталь».....	32
<b>Барішенко О.М., Моїсєєва О.В.</b> Комп'ютерне моделювання та автоматизація систем теплоенергопостачання багатоквартирних будинків як запорука енергозбереження, ефективності та комфорту.....	33
<b>Башлій С.В., Рибак О.В.</b> Теоретичні відомості щодо перспектив геотермальної енергетики в Україні.....	35
<b>Башлій С.В., Радомський О.М.</b> Підвищення стабільності електропостачання приватного домоволодіння в період стабілізаційних відключень.....	37

<b>Дятлова В.В., Владіміров В.О., Милета К.Є.</b> Методичне підґрунтя оцінки розвитку банківського сектору України в умовах конкуренції.....	559
<b>Дятлова В.В., Жук О.А., Савела А.А.</b> Аналітичні інструменти інноваційного розвитку регіонів в умовах реформування бюджетної системи.....	561
<b>Дятлова В.В., Філіпенко Я.П., Стародубцев Д.Є.</b> Інноваційні підходи до кредитування банківськими установами фізичних осіб.....	563
<b>Козачок І.А., Герцик Б.М.</b> Напрямки формування інноваційної економіки України. ....	565
<b>Нікітенко В.О., Грамчук М.О.</b> Цифрова культура цифрового міста.....	567
<b>Нікітенко В.О., Курчінок О.С.</b> Удосконалення технологій смарт-міста в умовах сталого розвитку.....	569
<b>Нікітенко В.О., Олещенко М.О.</b> Удосконалення механізмів антикризового управління в умовах нестабільності.....	571
<b>Нікітенко В.О., Приставка В.В.</b> Удосконалення кадрового потенціалу підприємства в умовах невизначеності. ....	573
<b>Нікітенко В.О., Романенко В.Ю.</b> Напрями підвищення ролі керівника промислового підприємства в сучасних умовах.....	576
<b>Нікітенко В.О., Сироватка Д.Б.</b> Концепція удосконалення механізмів соціальної відповідальності керівників в умовах кризи.....	578
<b>Нікітенко В.О., Трашков В.Д.</b> Цифровізація у медичній сфері.....	580
<b>Нікітенко В.О., Фурманова О.В.</b> Розвиток зеленого менеджменту в історико-культурному контексті запорізького краю.....	582
<b>Олексенко Р.І., Гайдуков І.В., Гайдукова І.С.</b> Філософія психологічних аспектів прийняття рішень в умовах невизначеності.....	584
<b>Олексенко Р.І., Ткаліч К.В.</b> Філософські проблеми розвитку особистості.....	589
<b>Олексенко Р.І., Шароварова В.Д.</b> Розвиток психологічної духовності часів античної філософії.....	594
<b>Олексенко Р.І., Яковлєва Д.В.</b> Особливості підліткового віку з точки зору психології.....	596

**СЕКЦІЯ «МІКРОЕЛЕКТРОННІ ТА ЕЛЕКТРОННІ  
ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ»**

<b>Алексієвський Д.Г., Жбанков О.В.</b> Дослідження системи керування електроприводу прокатного стану 1700-1.....	600
<b>Алексієвський Д.Г., Манасєв К.В.</b> Керування сильно нелінійними об'єктами методом адаптивного керування з еталонною моделлю.....	601
<b>Алексієвський Д.Г., Шляховський С.Ю.</b> Дослідження схеми джерела живлення на базі резонансного інвертора та індуктивного баласту.....	603



<b>Верьовкін Л.Л., Сушко А.А.</b> Мікроелектронна система аналізу фотометричної інформації.....	604
<b>Кісельов Є.М., Кісельов В.Є.</b> Розробка датчика озону з бездротовим каналом передавання даних.....	606
<b>Кісельов Є.М., Постернак О.С.</b> Аналіз особливостей сучасних датчиків для вимірювання концентрації озону у рідині.....	608
<b>Критська Т.В., Гагошидзе А.Ю., Науменко М.С.</b> Деградація сонячних елементів та шляхи її зниження.....	610
<b>Критська Т.В., Грідін О.С., Баженов Є.В.</b> Нові напрями модернізації промислової технології кремнію напівпровідникової чистоти.....	612
<b>Світанько М.В., Костик О.В., Ніколаско Д.Ю., Пішуков С.В.</b> Підсилювач лазерного випромінювача для дистанційного керування БПЛА.....	613

#### **СЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ, ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ»**

<b>Блоконь Ю.О., Немикіна І.Г.</b> Аналіз моделей зміцнення низьколегованих сталей при холодній деформації.....	615
<b>Блоконь Ю.О., Плющ І.А.</b> Отримання алюмінідів нікелю при термохімічному пресування.....	616
<b>Блоконь Ю.О., Шавкуненко А.В.</b> Формування поверхні металу в процесі холодної пластичної деформації.....	617
<b>Блоконь Ю.О., Шопов А.В.</b> Аналіз поперечної різнотовщинності та дефектів форми штаби при прокатці в нерегульованих клітях.....	618
<b>Блоконь Ю.О., Булігін М.В.</b> Оптимізація прокатки круглого профілю з високолегованих сталей на блюмінгу.....	619
<b>Блоконь Ю.О., Можаров О.В.</b> Оптимізація режимів прокатки вуглецевих сталей при гарячій деформації.....	620
<b>Блоконь Ю.О., Федько М.В.</b> Поверхнєве зміцнення титанових сплавів в умовах нестаціонарних процесів обробки.....	621
<b>Бондаренко Ю.В., Зайцев Д.О.</b> Аналіз процесу прокатування слябів на слябінгу 1150.....	622
<b>Бондаренко Ю.В., Іванченко Д.С.</b> Визначення показників коефіцієнта положення рівнодіючих сил при прокатуванні штаб.....	623
<b>Бондаренко Ю.В., Клименко М.Д.</b> Аналіз переходних зон композиційних матеріалів в системі сталь-бронза отриманих імпульсними методами обробки тиском.....	624
<b>Бондаренко Ю.В., Клименко Д.Є.</b> Вплив технологічного мастила на якість металу при прокатуванні штаб на неперервних станах.....	625
<b>Бондаренко Ю.В., Кривцов О.О.</b> Аналіз розширення металу при прокатуванні штаб в лабораторних умовах.....	626
<b>Бондаренко Ю.В., Ткаченко О.В.</b> Аналіз технології та режиму обтиснення на станах холодної прокатки на натяжіння штаби.....	627
<b>Бондаренко Ю.В., Блоконь О.С.</b> Формування структури та властивостей високолегованих сталей при гарячій деформації.....	628

(сполук Al, Fe, Mn, Mg) здійснюється завдяки використанню SiH<sub>4</sub> для підживлення рециркуляційної системи Siemens -процесу. Перевагою нової технології також є підвищення продуктивності CVD-процесу для одержання стрижнів полікристалічного кремнію. Подальше використання отриманого полікристалічного кремнію можливо як для напрямку фотовольтаїки, так і для отримання монокристалічного кремнію щодо мікроелектроніки, силової перетворювальної техніки і спеціальних використань.

#### Список використаних джерел

1. Т. Критська, М. Сукач, Є. Баженов «Кремній з піску» – Перспективна технологія отримання кремнію напівпровідникової якості.» *Transfer of Innovative Technologies*. Vol.5, No.1 (2022), 29-44
2. Т. Критська, М. Сукач, Є. Баженов. Кварцовий пісок – доступна дешева сировина для технологій електроніки і фотовольтаїки. *Underwater technologies: industrial and Civil Engineering*, Iss.12 (2022), 63-67.

УДК 621.3

Світанько М.В. к.ф.-м.н., доц., Костик О.В., магістрант 2 курсу,  
Ніколаєнко Д.Ю., магістрант 2 курсу, Пішуков С.В., магістрант 2 курсу  
Науковий керівник – к.ф.-м.н., доцент Світанько М.В.

#### ПІДСИЛЮВАЧ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАЧА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ БПЛА

*Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні  
Запорізького національного університету,*

*кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення*

Одним із головних пристроїв безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є джерело випромінювання, яке використовують у якості сигналу керування. Такі джерела повинні мати малі габаритні розміри, ефективну потужність випромінюючого сигналу, надійність та відносну простоту технічної реалізації. Генерація випромінювання у таких пристроях повинна знаходитись у діапазонах 700 – 950 нм та 1550 нм, в залежності від використовуваного фотоприймача [1, 2].

Тому, досить актуальною є питання створення компактних та потужних джерел лазерного випромінювання для дистанційного керування БПЛА.

У роботі пропонується у якості джерела випромінювання використати оптичний параметричний генератор світла (ОПГС), здатний генерувати безпечно для зору людини випромінювання на довжині хвилі 1,54 мкм. За основу розробки запропоновано схему, раніше представлену у роботі [3], де основним елементом генерації було обрано нелінійно-оптичний кристал КТіОРО<sub>4</sub> (КТР). Замість КТР також можливе використання нелінійно

оптичного кристала  $\text{RbTiOPO}_4$  (RTP), отриманого в лабораторії нелінійно-оптичних перетворювачів частоти лазерного випромінювання ЗДІА [4].

Для більш ефективного підсилення випромінювання у пристрої пропонується застосувати оптичний хвилевод, отриманий із кристалу  $\text{Sr}_4\text{B}_{14}\text{O}_{25}:\text{Pr}^{3+}$  (SBVO). Кристал SBVO вперше було отримано у ЗДІА в лабораторії нелінійно-оптичних перетворювачів частоти (НОПЧ) [5, 6].

Властивості кристалів RTP та SBVO представлено у таблиці 1 [4].

Як видно із таблиці 1, оптичні якості кристалів у поєднанні із значною оптичною стійкістю дають можливість значно розширити діапазон каналу інформації від дальнього УФ до ІЧ діапазонів.

Таблиця 1 – Оптико-фізичні властивості кристалів RTP та SBVO

Кристал	Область прозорості, нм	Оптичний поріг руйнування*, ГВт/см <sup>2</sup>
SBVO	130-3200	14.7
RTP	350-4500	0.81

\*\* -  $\lambda = 1079$  нм,  $\tau = 15$  нс

Також, при легуванні кристалу SBVO іонами  $\text{Pr}^{3+}$ , було виявлено лінію поглинання на довжині 440-480 нм, що при накачуванні випромінюванням діодного лазера дає можливість отримати додаткову лінію генерації в самому матеріалі світловода на довжині хвилі  $\lambda=655$  нм. Це дає можливість додатково збільшити потік оптичної інформації [6].

#### Список використаних джерел

1. QinetiQ deliver world's first demonstration of a laser controlled drone during flight Режим доступа: // <https://bit.ly/3MwdDo7> (дата звернення: 15.03.2023).
2. Tom Garlington, Joel Babbitt and George Long \ Analysis of Free Space Optics as a TransmissionTechnology\ WP No. AMSEL-IE-TS-05001, March 2005 pp. 1 – 12.
3. Наумов В. Л., Онищенко А. М., Подставкін А. С., Шестаков А. В. Високоєфективний параметричний перетворювач на кристалах КТР // Ж. Квантова електроніка. 30. №.7. 2000. с. 632 – 634
4. Oseledchik Yu. S, Pisarevsky A. I., Prosvirnin A. L. et al. Nonlinear optical properties of the flux growth RTP cristal // Optical Materials V.3. 1994 P.237-242.
5. Oseledchik Yu. S., Prosvirnin A. L., Svitanko N. V., Kudrjajtcev D. P., Lozova E. A.  $\text{SrB}_4\text{O}_7$  – nonlinear optical material for deep UV//ICCM'2005.- Kharkov, Ukraine.-2005.-P.91.
6. Kudrjajtcev D. P., Oseledchik Yu. S., Prosvirnin A. L., Svitanko N. V., Petrov V. V. The luminescence of the Praseodymium-doped Strontium borate  $\text{Sr}_4\text{B}_{14}\text{O}_{25}:\text{Pr}^{3+}$  //Ukr.J.Phys.Opt. V3. №2. 2002. P.155-160.

Матеріали представлені у авторській редакції. Автори несуть повну відповідальність за зміст тез, використану літературу, а також добір, точність наведених фактів, цитат, власних імен та інших відомостей.

Оргкомітет конференції.

*Коректори: Блокоч К.В., Тарабан Є.В.*

**МАТЕРІАЛИ**  
**III ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗА**  
**УЧАСТЮ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ**  
**«АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА**  
**СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»**

**17-20 жовтня 2023 року**