

**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  
перший (бакалаврський)**

(рівень вищої освіти)

на тему Розробка та дослідження дистанційного аналізатора повітря

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи 6.1530-с  
спеціальності 153 Мікро- та наносистемна  
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми 153 Мікро- та наносистемна  
техніка

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації 153 Мікро- та наносистемна техніка

(код і назва спеціалізації)

Бондаренко М.О.

(ініціали та прізвище)

Керівник професор кафедри ЕІСПЗ, доцент,  
к.т.н. Ніконова З.А.

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

Рецензент інженер-конструктор «Конструкторське  
біро Колосова» Григор'єва І.К.

(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**

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність Мікро- та наносистемна техніка  
(назва)

Освітня програма 153 Мікро- та наносистемна техніка  
(шифр)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Т.В.Критська

« 02 » травня 2023 року

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВУЧУ ВИЩОЇ  
ОСВІТИ**

Бондаренко Микиті Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка та дослідження дистанційного  
аналізатора повітря

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Ніконова З.А., к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 17 січня 2023 року № 91-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи бакалавра 02 травня  
2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра: оптоелектронний прилад  
для детектування газу та диму в приміщеннях; висока чутливість, низьке  
енергоспоживання, звукове оповіщення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно  
розробити) 1 Технологічні та конструктивні особливості приладів для  
контролю загазованості повітря 2 Розробка моделі дистанційного аналізатора  
повітря на напівпровідникових структурах 3 Охорона праці та техногенна  
безпека

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Л1- Конструкція та блок-схема аналізатора повітря Л2- Схема електрична

принципова Л-3 Модель печатної плати Л4 – Результати моделювання в Electronic Workbench

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
I	<i>Ніконова З.А.</i>	<i>01.02.2023</i>
II	<i>Ніконова З.А.</i>	<i>02.04.2023</i>
III	<i>Ніконова З.А.</i>	<i>28.04.2023</i>

7. Дата видачі завдання 24.10.2022р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	<i>Аналіз матеріалу за темою кваліфікаційної роботи</i>	<i>24.10.22-01.02.23</i>	
2	<i>Розробка блок-схеми та конструкції аналізатора</i>	<i>02.02-28.03</i>	
3	<i>Розробка схеми електричної принципової</i>	<i>01.03-17.03</i>	
4	<i>Розробка топології друкованої плати</i>	<i>20.02-12.03</i>	
5	<i>Моделювання схеми в електронному середовищі EWB</i>	<i>12.03-28.03</i>	
6	<i>Оформлення 2 розділу</i>	<i>28.03-02.04</i>	
7	<i>Розділ охорони праці та техногенної безпеки</i>	<i>02.04-12.04</i>	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень</i>	<i>13.04-28.04</i>	

Студент \_\_\_\_\_ *Бондаренко М.О.*  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_ *Ніконова З.А.*  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

**Нормоконтроль пройдено**

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

## ВСТУП

Глобальне потепління на земній кулі приводить до підвищення температури повітря навколишнього середовища, а отже сприяє виникненню пожеж, що супроводжується загазованістю та задимленістю приміщень. В результаті виникнення вогнищ, загоряння або задимлення страждає не тільки майно, обладнання та матеріали, а й здоров'я, а, найчастіше, і людське життя. Саме тому важливо, щоб знання про наслідки пожеж були доступні та доведені якомога до ширшого кола населення. Уникнути постраждалих на об'єктах і будівлях можна встановленням датчиків - це технічні пристрої, які служать для своєчасного реагування та оповіщення людей для того, щоб вони встигли покинути небезпечну зону і вжити заходів.

Умов виникнення загоряння, загазованості та задимлення декілька:

- необхідний вміст кисню в навколишньому повітряному просторі;
- наявність легкозаймистих і горючих матеріалів і речовин;
- джерело вогню - непогашений недопалок, сірник, електроприлад під напругою та ін.;
- людина, через недбальство або з злочинним наміром якого відбувається велика частина пожеж [1].

Важливою проблемою на сьогодні є розробка надійних приладів та пристроїв контролю загазованості та задимленості приміщень, в тому числі і цигарковим димом.

Встановлено, що людина, яка палить цигарки, у середньому вдихає четверту частину табачного диму. Потім, така ж частина видихається, а залишок попадає безпосередньо в навколишнє повітря. Навіть люди, що не палять, отримують, як мінімум, стільки ж шкідливих речовин, як і той, що палить сам. Деякі токсичні речовини (формальдегід, окис азоту) виділяються в процесі тління, у більшій мірі, ніж в процесі паління цигарок.

У пасивних паліїв ступінь отруєння цигарковим димом збільшується в результаті збільшення часу присутності в диму, кількості людей, які знаходяться в приміщенні, а також в результаті поганого провітрювання жилого простору, наприклад, в купе потягу, в салоні автомобіля, робочому кабінеті, ресторані, кімнаті. Окрім цього очевидного, палії наражають себе і інших людей на ризик, адже на підприємствах можуть бути горючі та речовини, які швидко займаються [2].

Отже виникає питання контролю процесів не санкціонованого паління та оцінки ступеню загазованості та забруднення повітря у приміщеннях, в тому числі і цигарковим димом.

Актуальність теми полягає у необхідності контролю процесів паління, визначення концентрації загазованості та забруднення повітря в приміщеннях, в тому числі і цигарковим димом, що знизить ступінь загрози безпечному життю людей.

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРИЛАДІВ КОНТРОЛЮ ЗАГАЗОВАНOSTІ ПРИМІЩЕНЬ

Контроль загазованості та задимленості повітря може здійснюватися за допомогою аналізаторів повітря, а також вони можуть слугувати датчиками температури та пожежної сигналізації. Відомі прилади [3], що представлені на рисунку 1.1 а, б, в, г, поєднують декілька функцій і можуть бути використані в житлових будинках та на підприємствах. Однак мають недоліки, які необхідно досліджувати та розробляти нові моделі.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 1.1- Загальний вид (а,б,в,г) аналізаторів повітря

## 1.1 Комбіновані датчики

Конструктивна особливість комбінованих датчиків полягає у наявності чутливого елемента, а саме малогабаритного напівпровідникового сенсора, призначеного для аналізу хімічного складу газів. Також вони поєднують в собі переваги мікроелектронних пристроїв: низьку вартість, невеликі розміри, низьку електричну потужність, з можливістю вимірювання концентрації газів, диму, в тому числі і цигаркового, і рідин в широких межах і з достатньою точністю [4].

Аналіз їх технологічних та конструктивних особливостей показав, що комбіновані газові, теплові та димові датчики мають різну чутливість і можуть формувати сигнали тривоги в певних умовах. До їх складу входять: іонізаційний і оптичний канали виявлення диму та газу, а також канал виявлення підвищення температури. Мікропроцесор такого приладу проводить аналіз інформації від усіх трьох каналів, що дозволяє виконувати більш точний аналіз стану середовища.

Комбінований 3-х каналний датчик 22051TLE (дим / тепло / ІК) призначений для виявлення пожежонебезпечної ситуації за трьома факторами : термістор реєструє тепло по швидкості його наростання або по максимальній температурі, оптико-електронна камера контролює дим і інфрачервоний сенсор реєструє ІК-випромінювання. Новітня конструкція оптичної димової камери, застосування термісторів і методу прямого вимірювання забезпечують швидкість виявлення загазованості приміщення. Однак чутливість може бути знижена внаслідок наявності пилу. Герметичне виконання електронної частини датчика значно підвищує його надійність [5].

Комбінований адресний датчик FAP-520 (Bosch) зарубіжного виробника має такі особливості: гнучка мережева архітектура; підключення до 254 елементів на кожен кільцевий або радіальний шлейф; можливість використання дистанційного управління. Так як в наявності є внутрішній

ізолятор, то він зберігає функціонування шлейфу LSN при пошкодженні проводу або короткому замиканні.

На сьогодні широко використовуються комбіновані датчики нового покоління A1R 22051TE (дим / тепло), який поєднує в собі функції димового оптико-електронного та теплового максимально-диференційного датчика. Він спрацьовує при будь-якому типі загоряння, що супроводжується задимленням і підвищенням температури. Забезпечена сумісність практично з будь-якими приймально-контрольними приладами.

Особливими перевагами користується комбінований датчик ESO1002 (П-212/101-2-A1R), який об'єднує функції газового, димового оптоелектронного і теплового максимально-диференційного датчика. Він спрацьовує при будь-якому типі загоряння або загазованості приміщення, що супроводжується задимленням, підвищенням температури, має високий захист від корозії. Це забезпечено герметизацією електронної схеми і полімерним покриттям друкованої плати. Він простий в установці і експлуатації, висока інтеграція і мініатюризація дозволили використовувати в ньому димову камеру збільшеного обсягу з покращеною вентиляцією. Абсолютно кругла в горизонтальній площині форма оптичної камери забезпечує однаково високу його чутливість під час появи диму з будь-якого напрямку. Такий прилад активізується при швидкості підвищення температури в місці його установки  $8^{\circ}\text{C}$  в хвилину і більше, або при досягненні температури рівної  $58^{\circ}\text{C}$ , в разі повільного її збільшення [4].

Важливу роль на сьогодні відіграють аналогічні пристрої, які використовуються в навчальних закладах, лікарнях, державних установах та громадських приміщеннях для забезпечення нормальних умов життєдіяльності людини.

До них відноситься датчик 1551E придатний для виявлення невидимих газів, а також темного диму, розмір часток яких, невеликий. Рекомендується



застосовувати його в приміщеннях електрощитової, диспетчерської, на об'єктах промислового та цивільного призначення. Іонізаційний димовий датчик використовується в разі, коли необхідно отримати повідомлення про пожежу якомога раніше, вже на етапі тління.

В основі газового датчика СГС-99 лежить принцип детектування газів, які виділяються при термічному розкладанні органічних матеріалів, наприклад: при короткому замиканні; перегрів електричних кабелів; іскрінні контактів; несправності в роботі газових котлів і систем; при несправності електронагрівальних приладів. Крім чадного газу має можливість виявляти і інші гази (водень, оксид азоту, аміак) специфічні для горіння конкретного матеріалу. СГС-99 передбачає сумісність з будь-яким приймально контрольним приладом (ПКП).

Аналіз конструктивних та технологічних особливостей комбінованих датчиків показав, що вони мають недоліки у порівнянні з датчиками спеціального призначення.

До них відносяться теплові датчики, які прості у виготовленні і мають низьку вартість. Але в той же час спостерігається мінімальне значення порогу і становить  $60^{\circ}\text{C}$ , що необхідно для забезпечення достатнього рівня перешкодозахищеності при експлуатації в приміщеннях з нормальною температурою  $35^{\circ}\text{C}$ . Застосування теплових датчиків ефективно тоді, коли найбільш імовірною ознакою виникнення пожежі є значне підвищення температури. Їх найчастіше встановлюють в службових, житлових, виробничих приміщеннях, в місцях можливого скупчення теплого повітря. Датчики не встановлюються поблизу джерел тепла, які можуть впливати на їх роботу [6].

Відомі також теплові датчики 5551Е, що використовується в місцях, не захищених від диму, пару, пилу або швидкостей зростання температури при нормальному використанні. Однак їх не рекомендується використовувати в

місцях, для яких характерна температура навколишнього середовища перевищує 43°C.

Розширений діапазон робочих температур датчиків серії ЕСО1000 від -30°C до + 70°C забезпечує роботу в опалювальних і неопалюваних приміщеннях, тому він забезпечує сумісність практично з будь-якими пожежними прийнятно приладами (ПКП), в тому числі і зі знакозмінною напругою в шлейфі сигналізації.

Тепловий максимально-диференційний та пожежний максимально-диференційний датчики, що відносяться до класу А1R1 (НПБ 85-2000), застосовуються в системах пожежної сигналізації і призначені для охорони об'єктів від пожеж шляхом контролю швидкості наростання температури, перевищення її порогового значення та видачі сповіщень про пожежу. Вони розраховані на цілодобову безперервну роботу. Встановлюються в таких приміщеннях, де, зазвичай, коливання температури в межах від -30 до + 60°C при відносній вологості повітря 80% при 20°C. Повітря, що забирається в охоронному приміщенні, пропускається через промінь, який чутливий до домішок. Вони також встановлюються також в приміщеннях, в повітрі яких містяться пари кислот або лугів.

В ході аналізу конструктивних та технологічних особливостей датчиків встановлено, що теплові, димові й комбіновані газові типи датчиків найкраще підходять для системи раннього попередження. Оскільки в них присутні такі переваги як: низька вартість, зручність монтажу та експлуатація, низька напруга живлення і мінімальне споживання потужності [3].

## 1.2. Конструкції теплових, газових та димових датчиків

Аналіз ринку оптичних датчиків показав, що оптоелектронні датчики диму та газу найкращі у використанні із-за невисокої ціни та габаритів. В основі їх роботи лежить роз'ємна опромінювальна здатність чистого повітря і диму. Як фотовипромінювачі використовуються світло діоди, які випромінюють вузьконаправлений пучок світла, що падає під кутом  $90^\circ$  по відношенню до фотоелемента при створенні оптичної системи, а фотоелементи перетворюють світло у електричний сигнал.

Відомо, що світлодіод (LED - light-emitting diode) — це напівпровідниковий пристрій, що випромінює некогерентне світло при пропусканні через нього електричного струму (ефект, відомий як електролюмінісценція). Випромінюване світло традиційних світлодіодів лежить у вузькій ділянці спектру, а його колір залежить від хімічного складу використаного у світлодіоді напівпровідника.

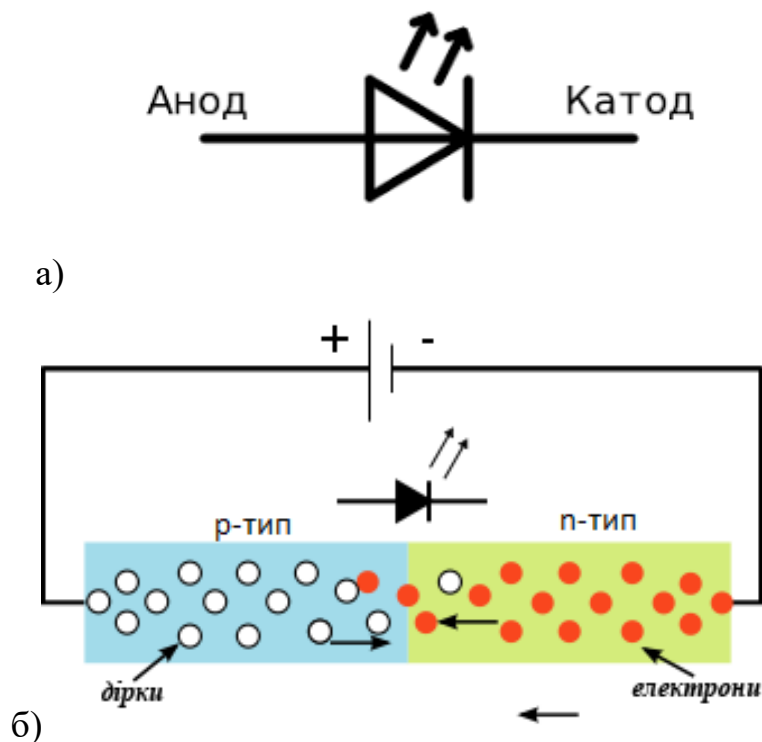


Рисунок 1.1- Світлодіод а) схематичне зображення, б) структура

Сучасні світлодіоди можуть випромінювати світло від інфрачервоної ділянки спектру та близької до ультрафіолету. Існують методи розширення смуги випромінювання і створення білих світлодіодів. На відміну від ламп розжарювання, які випромінюють світловий потік широкого спектру рівномірно у всіх напрямках, звичайні світлодіоди випромінюють світло певної довжини хвилі і в певному напрямі. Світлодіоди були удосконалені до лазерних діодів, які працюють за тим же принципом, але можуть направлено випромінювати когерентне світло [5].

При протіканні через діод прямого струму відбувається інжекція електронів.

Процес самовільної рекомбінації інжекттованих електронів, що відбувається, як в базовій області, так і в самому р-п переході, супроводжується їхнім переходом з високого енергетичного рівня на нижчий. Електрон після рекомбінації знаходиться у дуже нестабільному стані, оскільки він має зайву енергію В такому стані електрон довго перебувати не може. Він переходить на стаціонарну орбіту з нижчим енергетичним рівнем і випромінює квант світла.

Не всі напівпровідникові матеріали ефективно випромінюють світло при рекомбінації. Ефективними випромінювачами є, як правило, прямозонні напівпровідники типу  $A^{III}B^V$  (наприклад, GaAs або InP) і  $A^{II}B^{VI}$  (наприклад, ZnSe або CdTe). Варіюючи склад напівпровідників, можна створювати світлодіоди різних довжин хвиль, від ультрафіолету (GaN) до середнього інфрачервоного діапазону (PbS) [5].

Ефективність світлодіодів найбільше проявляється там, де потрібно виробляти потужні кольорові світлові потоки (світлові сигнали). Оскільки світло від лампи розжарювання доводиться пропускати через спеціальні оптичні фільтри, що виділяють певну частину спектру (червону, синю, зелену), то 90% енергії світлового потоку від лампи розжарення, втрачається,

при проходженні світла крізь світлофільтр. Усі ж 100% випромінювання світлодіода забарвленим світлом і в застосуванні світлофільтра немає потреби. Більше того, близько 80-90% споживаної потужності лампи розжарення, витрачається на її нагрів для досягнення потрібної колірної температури (шкала Кельвіна), на яку вони спроектовані.

Друга обов'язкова складова датчика це фотоелемент.

Фотодіод — це приймач оптичного випромінювання, який перетворює падаюче на його фоточутливу область світло в електричний заряд за рахунок процесів в р-п-переході. Його можна класифікувати як напівпровідниковий діод, в якому використовується залежність його вольт-амперної характеристики від освітленості.

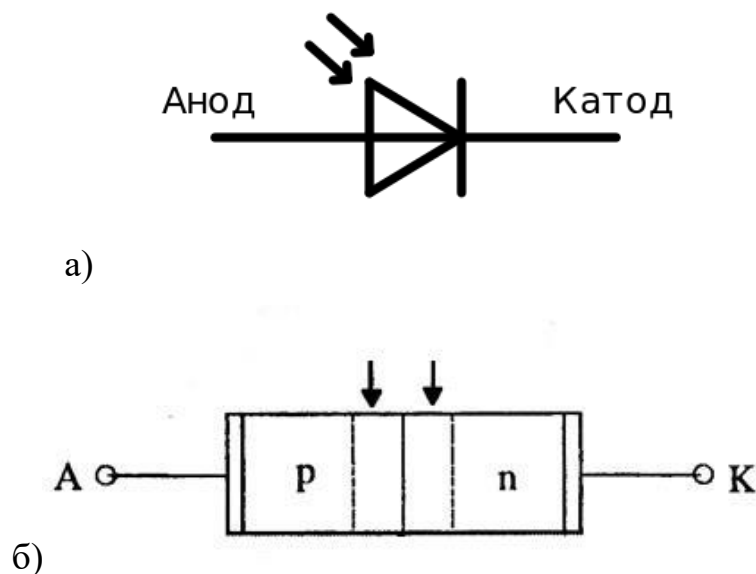


Рисунок 1.3— Фотодіод а) схематичне зображення, б) структура

Коли фотон, що має достатню енергію, потрапляє на фотодіод, в останньому відбувається внутрішній фотоефект: фотон збуджує електрон з матеріалу діода, таким чином створюючи пару носіїв заряду: вільний електрон

і позитивно заряджену дірку. Якщо поглинання відбувається в області збіднення напівпровідника, ці нові носії виносяться з області її власним електричним полем. Завдяки цьому дірки рухаються до анода, а електрони до катода, і виникає фотострум. Струм фотодіода як діода визначається струмом неосновних носіїв (дрейфовий струм).

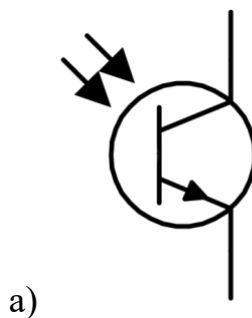
Переваги використання фотодіодів:

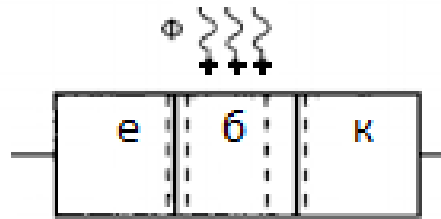
- простота технології виготовлення структур;
- поєднання високої фоточутливості та швидкодії;
- малий опір бази;
- мала інерційність.

Також роль фотоелемента в датчику може виконувати фототранзистор.

Фототранзистор — транзистор, в якому інжекція нерівноважних носіїв здійснюється на основі внутрішнього фотоефекту; служить для перетворення світлових сигналів в електричні з одночасним посиленням останніх[5].

Фототранзистор являє собою монокристалічну напівпровідникову пластину з германію або кремнію, в якій за допомогою особливих технологічних прийомів створено три області, які мають назву, як і у звичайному транзисторі — емітер, колектор і база, причому остання, на відміну від транзистора, як правило, виводу не має. Кристал вмонтовується в захисний корпус з прозорим вхідним вікном.





б)

Рисунок 1.4 – Фототранзистор а) схематичне зображення, б) структура

Включення фототранзистора у зовнішнє електричне коло виконується подібно включенню біполярного транзистора за схемою зі спільним емітером і нульовим струмом бази. При попаданні світла на базу (або колектор), на ній утворюються парні носії зарядів (електрони і дірки), які розділяються електричним полем колекторного переходу. В результаті чого у базовій області накопичуються основні носії, що призводить до зниження потенціального бар'єру емітерного переходу і посилення струму[4].

Конструктивно датчик розроблений так, що у корпусі світловий промінь від світлодіода спрямований повз фотоелемент. При відсутності диму або газу світло не може дійти до поверхні фотоелемента. Якщо ж в корпус датчика потрапляє дим або газ, то світловий промінь починає довільно відбиватися і потрапляє на фотоелемент. Він спрацьовує, а електронна схема формує і передає команду на пристрій аварійної сигналізації.

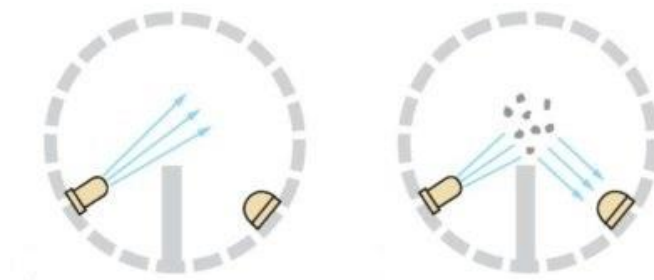


Рисунок 1.5– Конструкція оптичного датчика

Середня площа, на якій датчик забезпечує надійну охорону і швидку реакцію на загоряння не перевищує в середньому 50 квадратних метрів.

Такі прилади можна використовувати:- у житлових квартирах, бібліотеках і архівах. Як правило, кімнати, в яких зберігаються різні архівні матеріали, відвідуються дуже рідко, вони досить великі і візуально не оглядаються.

Відсутність високої напруги і відкритих контактів не вимагають спеціальної освіти і складних інструментів для установки і поводження з приладом.

До переваг оптичних датчиків слід віднести:

- простота і надійність;
- цінова доступність;
- повна автономність і незалежність від зовнішніх джерел живлення і контрольних пристроїв;
- естетичний вид, який не зіпсує інтер'єр приміщень;
- відсутність необхідності в складному монтуванні;
- швидкість реакції на появу диму, в тому числі цигаркового;
- простота установки;
- легкість обслуговування;
- безпека для людей і тварин;
- довговічність.

Оптичний датчик доцільно встановлювати на стелю. Якщо монтаж на стелі неможливий, то він закріплюється на стіні, як можна ближче до її середини і до стелі [7]. Для невеликого приміщення в квартирі досить одного приладу в центрі стелі. Якщо кімната велика, можна встановити від двох до чотирьох датчиків по краях стелі. Не зважаючи на простоту конструкції він також потребує періодичної профілактики.



### 1.3 Датчики аварійної сигналізації

На сьогодні існують три основних види (типи) аварійної сигналізації, які працюють в автоматичному режимі.

У порогових системах сигналізації кожний датчик має свій заданий поріг спрацьовування. Так, тепловий датчик, за умови досягнення заданого раніше бар'єру температурного режиму, подає сигнал, а контрольна панель аварійної сигналізації його приймає. До того ж він має спеціальну радіальну топологію побудови шлейфів сигналів. Принцип їх дії заснований на функціонуючих променях (кабелях шлейфів), де кожний промінь забезпечують від 20 до 30 приладів - сенсорів, що спрацьовують при виникненні нестандартних ситуацій. Контрольна панель показує номер конкретного променя, від якого спрацював датчик. Найбільшою їх перевагою є відносно невелика вартість. До недоліків використання даного типу обладнання відноситься низька інформативність сигналів [8].

Відомий адресний тип аварійної сигналізації, де зв'язок контрольної панелі і датчиків відбувається за допомогою алгоритму, який дає можливість контролювати їх роботу та періодично контролювати працездатність. Існують 4 типи сигналів, які поступають від датчика це:

- нормальний стан;
- аварійна ситуація;
- відсутність зв'язку;
- несправність системи.

Найбільш сучасним та поширеним є адресно-аналоговий тип сигналізації, де використана саме контрольна панель, що приймає рішення про стан підключеного об'єкта. При цьому контрольний пульти з програмним

забезпеченням безперервно опитує всі підключені датчики щодо визначення стану системи. Всі дані підлягають аналізу системою аварійної сигналізації, яка дозволяє оперативно виявляти осередки загазованості або задимленості, причому ефективність виявлення від 15 до 20 разів вища, ніж у інших типів сигналізації. Однак суттєвим недоліком вважається висока собівартість обладнання такого типу сигналізації.

Швидке оповіщення про загазованість та задимлення приміщень, в тому числі і цигарковим димом, безпосередньо пов'язане зі збереженням життя і здоров'я людей, а також дозволяє вжити заходів для ефективної евакуації цінного обладнання та документів. При отриманні системою сигналу про небезпеку, спрацьовує високоточне обладнання оповіщення звуком. В залежності від того, яка ситуація склалася, а також від структури об'єкта, передається конкретна інформація і даються чіткі вказівки про те, які дії робити для евакуації персоналу та збереження документації. Також існує можливість управління вручну для того, щоб оперативно передати нагальні повідомлення[3].

Останнім часом набувають популярності безпроводні системи аварійної сигналізації.

Основною перевагою безпроводних систем є можливість їх встановлення після проведення діагностики та ремонтних робіт.

Все більше зростає роль інноваційних технологій для вирішення задач моніторингу та контролю стану критично важливих об'єктів. Одним з останніх досягнень в цій галузі є бездротові сенсорні мережі (БСМ). Одним з переваг технології є самоорганізація і здатність до самовідновлення, що особливо важливо при моніторингу стратегічних об'єктів. Передача даних по мережі відбувається поетапно від одного пристрою до іншого. Маршрути передачі формуються автоматично таким чином, щоб за кінцеве число пересилань по мережі дані з кожного мата були передані на шлюз, що має з'єднання з

корпоративною мережею. У разі виходу з ладу одного або декількох вузлів, структура мережі змінюється таким чином, щоб інформація з усіх працюючих матів могла бути отримана шлюзом.

Можливість розгортання мережі в складних умовах, відсутність фізичних комунікацій і мінімальні розміри сенсорних пристроїв роблять технологію БСМ надзвичайно гнучкою [9].

Найбільш енергозатратною операцією для матів є передача даних. Тому енергозберігаючі форми передачі є ключовим фактором для продовження терміну служби матів, так як він практично цілком залежить від терміну служби батарей. В мережах з багатоланковим пересиланням повідомлень вузли виконують функції як відправника, так і маршрутизатора. Тому вихід з ладу деяких вузлів через відсутність живлення може викликати значні зміни в топології з подальшим перенаправленням пакетів і реорганізацією всієї мережі, що, в свою чергу, викличе ще більші енерговитрати. Таким чином, ефективне управління енергетичними ресурсами матів є важливим аспектом функціонування бездротових сенсорних мереж. Однак занадто сувора економія енергії має і негативні сторони, знижуючи якість і швидкість передачі даних, що є неприпустимо в деяких додатках.

Використання технології БСМ в системах аварійної сигналізації дозволить розширити функціональні характеристики та значно підвищити ефективність їх функціонування.

Відмінною особливістю таких мереж є принцип самоорганізації, самовідновлення та передачі даних по ланцюгу. Пристрої володіють здібністю до ретрансляції повідомлень по ланцюжку від одного до іншого, а це дозволяє збирати інформацію з значних об'єктів, розширити радіус зв'язку та передати повідомлення по радіо на значні відстані.

Більш того вони дозволяють використовувати мережу на таких об'єктах, як будівлі, підземні і металеві приміщення, коли поширення радіохвиль можливе тільки в прямій видимості.

Елементи аварійної сигналізації є автономними, тобто містять всередині все необхідне для роботи. Пристрої не вимагають зовнішнього живлення, дротів для комунікації, сервісного обслуговування. Пристрої розробляються так, щоб споживати мінімальну потужність, що дозволяє функціонувати по декілька років від внутрішніх елементів живлення.

До їх складу входять мікрокомп'ютер і радіоприймач-передавач. Це дозволяє пристрою проводити вимірювання, самостійно проводити початкову обробку даних, і підтримувати зв'язок в зовнішньому інформаційною системою. Пристрої використовують малопотужний радіопередавач, що дозволяє збільшити термін служби від батарей, мати обмеження за потужністю до 10мВт, що дозволяє експлуатувати пристрої без отримання дозволу в радіонагляді.

Переваги даної технології забезпечуються за рахунок наступних властивих їй особливостей:

- можливість установки на вже існуючий об'єкт, що експлуатується, без проведення додаткових робіт;
- низька вартість окремого елемента контролю.

Найбільш поширений тип датчиків є точковий датчик газу та диму (рис. 1.6) [6].



Рисунок 1.6 - Точковий датчик

Основний принцип вибору схеми розміщення теплових, газових або димових датчиків – це досягнення надійного виявлення аварійної ситуації за всією контрольованою площею об'єкта. На рисунку 1.7 показано можливий варіант розміщення теплових, газових і димових датчиків у великих приміщеннях. Він забезпечує до 30% контрольованого простору, однак на практиці розміщення датчиків в значній мірі визначається конфігурацією приміщення.

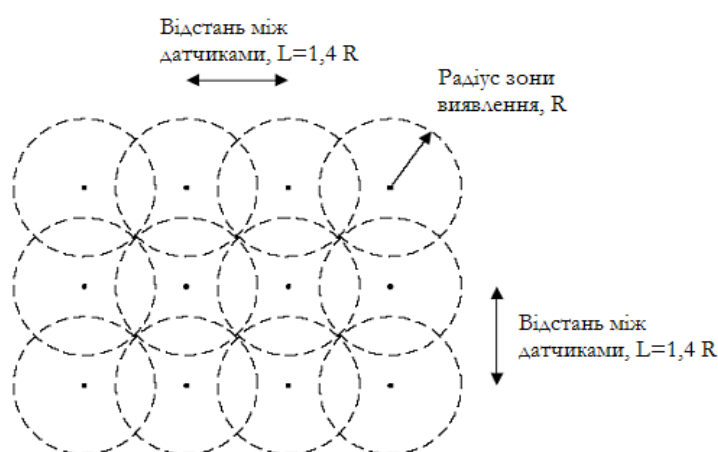


Рисунок 1.7 – Схема розміщення датчиків

Іншими важливими властивостями сенсорних мереж є самовідновлення, і самоорганізація. Після установки елементів вони самостійно прокладають маршрути обміну інформації і здатні коректувати їх при змінах в мережі [10].

Оскільки із збільшенням відстані над осередком пожежі температура і концентрація частинок диму зменшуються, ефективність виявлення пожежі тепловими або димовими точковими сенсорами із зростанням висоти приміщення знижується. У європейських рекомендаціях на пожежні сенсори System Sensor вказаний радіус зони контролю димового сенсора 7,5 м, теплового 5,3 м. Таким чином, вимоги до параметрів установки виконуються із запасом.

Технологія сенсорних мереж позбавлена проблем з топологією мережі і володіє високою автономністю по живленню і гнучкістю інсталяції, дозволяючи «обходити» залізобетонні перешкоди і дублювати радіоканали в проблемних зонах. При цьому реалізований протокол сенсорної мережі забезпечує топологію «дерево», володіє самоорганізацією і істотною стійкістю роботи спільно з іншими радіопротоколами на частоті 2,4 ГГц [6].

Володіючи в кожному вузлі окремим мікроконтролером, сенсорна мережа здатна ефективно вирішувати класичні мережні задачі по самоорганізації, ретрансляції і маршрутизації сигналів. При порівнянні з платою класичного провідного пожежного сенсора, такий мікроконтролер здатний замінити роботу більше ніж 75 % вузлів на платі, що позитивно позначиться на електроспоживанні автономного пожежного сенсора на базі вузла сенсорної мережі.

Розробники сьогодні технологічно близькі до розробки готової системи пожежної сигналізації, яка складається з:

- інтелектуальних бездротових вузлів;
- базового вузла (USB- або Ethernet- шлюз в комп'ютер);
- диспетчерського ПО.

Для програмування сенсора диму передбачається використовувати сам приймально-контрольний модуль, основними функціями якого є :

- прийом і обробка інформації від сенсорів диму в кількості до 255 з можливістю розширення до 1024;
- збереження в журналі подій всієї одержаної інформації або даних тільки про нештатному режимі сенсорів (кількість записів в журнал подій залежить від об'єму використовуваної в модулі пам'яті) з можливістю перегляду як безпосередньо на приймальному модулі, так і за допомогою комп'ютера локально або віддалено;
- у разі потреби, індикація нештатних режимів сенсорів за допомогою вбудованої звукової і візуальної сигналізації;
- об'єднання декількох приймальних модулів в єдину систему пожежної сигналізації або подальше підключення до системи управління безпекою будівлі;
- контроль температури безпосередньо в місці установки приймального і контрольного модуля;
- підключення комп'ютера і інших пристроїв через інтерфейс RS;
- резервне електроживлення;
- контроль доступу по паролю;
- призначення зон відповідальності кожному сенсору в системі;
- просте додавання і віддалення сенсорів в системі;
- наладка режимів роботи приймального модуля віддалено або за допомогою клавіатури на корпусі модуля [11].

Ринок оптично-електронних датчиків зараз дуже різноманітний. Залежно від виробника, якості пристрою, допоміжних функцій тощо, можна обрати необхідний тип датчика для конкретної системи протипожежної сигналізації. Тому і цінова політика значно коливається залежно від вже перерахованих якостей і типів пристроїв. Так ціна найпростішого пристрою може стартувати від 100 грн за штуку наприклад Артон LDS-3 відчизняного виробництва, та перевищувати 5000 грн, наприклад FireProtect виробництва

компанії Ajax. Оптично-електронні системи протипожежних датчиків є доступними та простими в використанні і монтажі для більшості компаній та підприємств, тому попит на такі пристрої росте з кожним роком. В свою чергу, компанії виробники оптично-електронних пристроїв запроваджують більш новітні технології та способи виготовлення пристроїв, що сприяє конкуренції між виробниками продукції на ринку товарів.

Мета роботи: розробка моделі дистанційного аналізатора повітря на напівпровідникових структурах.

Для цього необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз технологічних та конструктивних особливостей приладів для контролю загазованості та задимленості приміщень;
- розробити блок -схему та принципову електричну схему аналізатора повітря на напівпровідникових структурах;
- розробити печатну плату аналізатора повітря на напівпровідникових структурах;
- провести дослідження параметрів та характеристик дистанційного аналізатора повітря на напівпровідникових структурах.

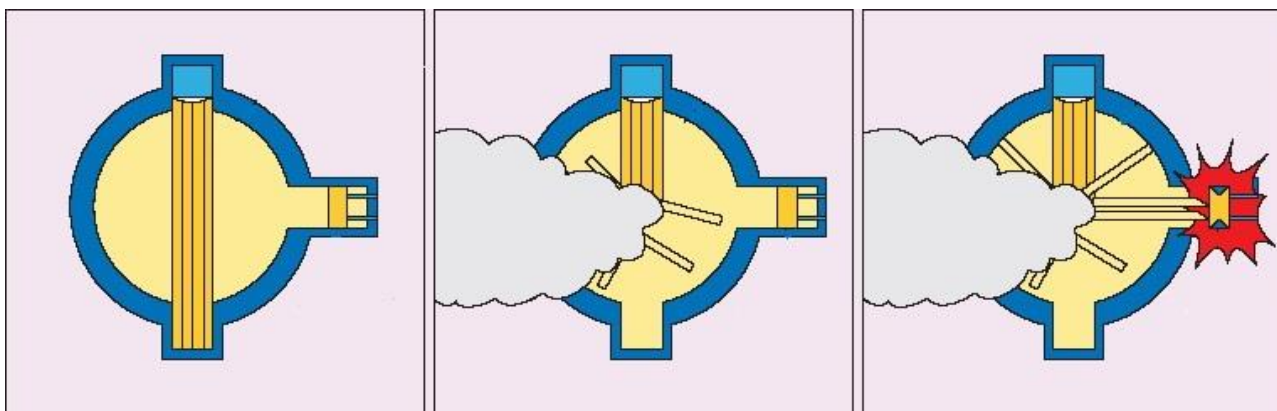


## 2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДИСТАНЦІЙНОГО АНАЛІЗАТОРА ПОВІТРЯ НА НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СТРУКТУРАХ

### 2.1. Склад та конструкція аналізатора повітря

Модель дистанційного аналізатора повітря розроблена на сучасних напівпровідникових елементах і може працювати в умовах погіршення прозорості повітря при появі у ньому газу або диму. Важливим фактором є його використання в системах спеціальної сигналізації для виявлення загазованості та задимленості приміщень, в тому числі і цигарковим димом. При ускладненні умов прилад подаватиме звуковий сигнал.

Експлуатація розробленого пристрою в граничному стані, при застосуванні за призначенням, може призвести до катастрофічних наслідків. Вагомим визначальним процесом переходу в граничний стан є зношування його елементів. Отже до складу аналізатора повітря входять сучасні високоточні напівпровідникові прилади.



## Рисунок 2.1 – Конструкція аналізатора повітря

Він забезпечить надійність, довговічність, ремонтпридатність, безпеку, екологічність, що сприятиме його конкурентоспроможності.

### 2.2. Вибір елементної бази та розробка блок-схеми аналізатора повітря

Для розробки блок – схеми дистанційного аналізатора повітря було проведено вибір елементної бази, яка б задовольняли поставленій меті та завданню. Її представлено на рисунку 2.2 у вигляді функціональних блоків-вузлів (ФВ), де кожен виконує свої функції та забезпечує роботу приладу.

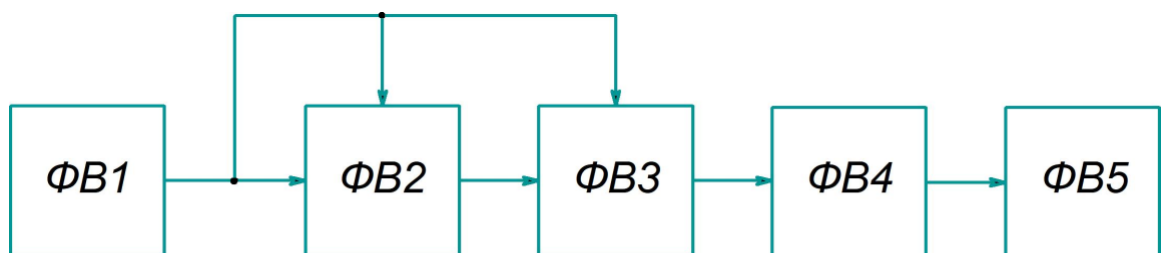


Рисунок 2.2 – Блок-схема дистанційного аналізатора повітря

ФВ1 - включає електролітичні конденсатори С2, С3 та стабілізатор напруги Р1. Критеріями відмов для ФВ1 є: припинення роботи приладу, відсутність його живлення або відсутність стабілізації напруги.

ФВ2 – являє собою оптичну пару зі світлодіода НЛ1 і фототранзистора НТ1, резистора R, регульованого резистора R2, резистора R3 та конденсатора С1. Для ФВ2 критеріями відмов є: припинення виконання виробом заданих функцій, погіршення чутливості або його помилкове спрацьовування.

ФВ3 – складає: здвоєний операційний підсилювач А1, сирену F1, опорна напруга подається на інверсні входи ОП від дільника з резисторів R4, R5 та діода VD1. Для ФВ3 критеріями відмов є: припинення виконання виробом заданих функцій, відмова роботи компаратора, дільника R4, R5, зниження якості функціонування приладу - пробій діода VD1.

ФВ4 – це склад кремнієвого транзистора n-p-n типу VT1, резисторів R6, R7, R12 та світлодіода HL2. Для ФВ4 критеріями відмов є: припинення виконання виробом заданих функцій, припинення роботи транзисторного ключа, а отже відсутність налаштування пристрою.

ФВ5 – представлено у вигляді транзисторного ключа зі транзистора n-p-n типу VT2 та p-n-p типу VT3, підключеного до виходу А1.1, та резисторів R8, R9, R10, R11 і R12. Для ФВ5 критеріями відмов є: припинення виконання виробом заданих функцій, несправність звукової сирени, тобто вихід з ладу транзисторного ключа VT2-VT3, неправильне функціонування приладу - вихід з ладу резисторів R11, R12.

Конденсатори С2, С3 серії К50–6 – 20 мкФ 22 В, відноситься до розділу пасивних електронних компонентів. За конструкцією К50-6 20 мкф складається з двох електродів у формі пластин (обкладинок), розділених діелектриком, товщина якого мала в порівнянні з розмірами обкладок.

Резистори R1, R2, R3, R4, R5 - постійні недротяні загального застосування С2-23, призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та імпульсного струму. Номінальний опір 2.2 кОм, 10 кОм, 300 кОм, 10 кОм, 10 кОм відповідно.

Конденсатор С1 – плівковий конденсатор К73-17 (CL21, X2) - постійної ємності, накопичують заряд від 0,001 мкФ до 4,7 мкФ при напрузі від 63В до 630В. Допустиме відхилення ємності складає  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$ ,  $\pm 20\%$ . Призначені для експлуатації в ланцюгах постійного, змінного або ж пульсуючого струму.

Світлодіод HL1 типу RL81 дифузійний, номінальна напруга 2 В номінальний струм 20 мА, фототранзистор HT1 типу L-53PBT.

Здвоєний операційний підсилювач А1 типу LM358 - живлення може бути однополярним від 3 до 32В. Операційний підсилювач стабільно працює на стандартних 3,3В. Двохполярний від 1,5 до 16 Вольт. При зазначеній температурі 0 ° до 70 ° характеристики залишаються в межах норми.

Діод VD1 типу 1N4148 - малопотужний високочастотний кремнієвий в корпусі зі штировими виводами, смугою позначається вивід катода ( прямий середній струм – 150 мА;- прямий максимальний струм – 500 мА;- падіння напруги – 0,6-0,7 В (при струмі 5 мА) до 1 В (при струмі 100 мА);- ємність переходу – 4 пФ;- максимальна зворотна напруга – 75 В).

Зворотний струм його має велику залежність як від зворотної напруги, так і від температури.

Світлодіод HL2 типу AL307 – світло випромінюючий, з розсіяним випромінюванням, епітаксійний. Виготовляються на основі сполук галій-алюміній-миш'як, випускаються в пластмасових корпусах, маса діода не більше 0,35 м (постійна пряма напруга: не більше 2 В; максимально допустимий постійний прямий струм: 20 мА; максимальний імпульсний струм при заданій тривалості імпульсу: 100 мА;м максимально допустима зворотна постійна напруга: 2 В; максимально допустима імпульсна зворотна постійна напруга: 2 В).

3 – вхід.

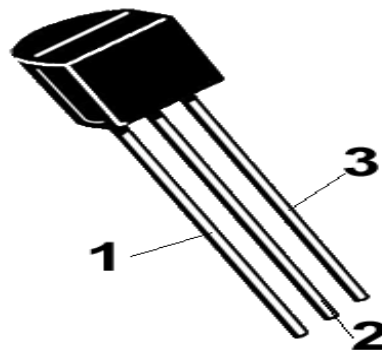
Транзистор кремнієвий середньої потужності VT2 типу KT816 - низькочастотний, структури - р-п-р. Корпус пластмасовий, з гнучкими виводами ( маса - близько 0,7 м; коефіцієнт передачі струму - від 25; гранична частота передачі струму 3МГц; напруга насичення база-емітер при струмі колектора 3 А і струмі бази 0,3 А: не більше 1,5 В; максимальна напруга

колектор – емітер 25 В; максимальний струм колектора (постійний) у всіх транзисторів КТ816 - 3 А).

Транзистори кремнієві VT1, VT3 типу КТ3102 - малопотужні біполярні з n-p-n- структурою, відносяться до універсальних, низькочастотні, чутливі до шумів (УКБ макс. (V<sub>CB max</sub>) від 20 до 50 В (V); UKE макс. (V<sub>CE max</sub>) від 20 до 45 В (V); UEБ макс. (V<sub>EB max</sub>) не більше 5 В (V); ІК МАКС. (I<sub>C MAX</sub>) 100 мА (mA); ІК ІМП. МАКС. (I<sub>C MAX PULSE</sub>) 200 мА (mA); РК макс. (P<sub>C</sub>) 250 мВт (mW); Tперехода (T<sub>j</sub>) ≤ + 150 ° С.

Сигналізація F1 – може бути будь-який звуковий пристрій з живленням 12 В.

Для виконання завдання було обрано стабілізатори напруги серії 78Lxx, які представляють собою найпростіші стабілізатори позитивного напруги фіксованого номіналу. Вони дуже поширені в схемах живлення низької напруги з струмом споживання не більше 100 мА та мають внутрішню захист по струму (від перевищення струму навантаження) і захист від перегріву.



1 – вихід

2 – загальний вивід

3 – вхід

Рисунок 2.3 – Загальний вид стабілізатора напруги [12].

### 2.3. Розробка схеми електричної принципової

На основі блок-схеми розроблена схема електрична принципова приладу (рис..2.4) Вона складається з оптичної пари: потужного світлодіода червоного кольору HL1 та фототранзистора НТ1. Елементи розташовані в одній площині на відстані близько 3-4 см один від одного.

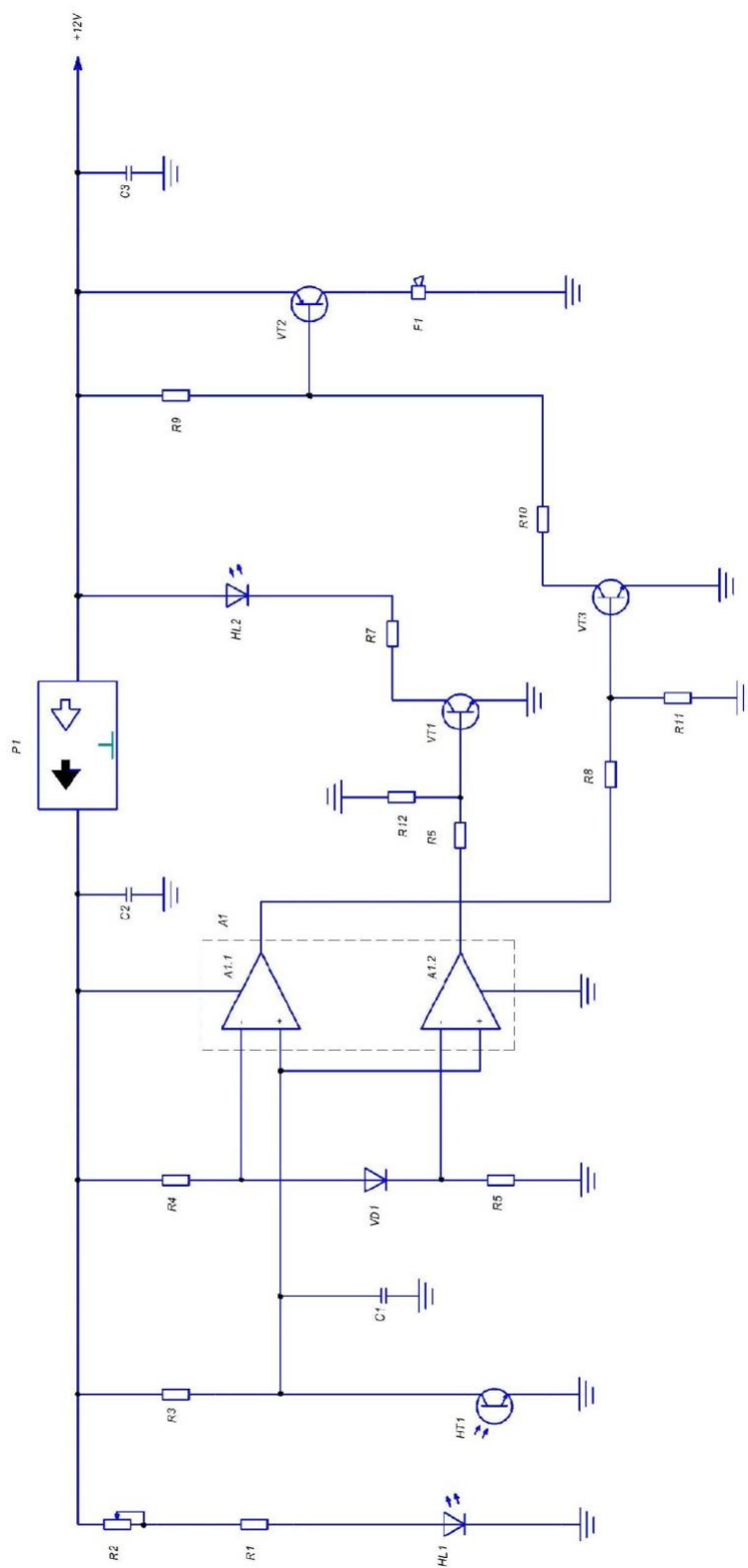


Рисунок 2.4-Схема електрична принципова приладу

Чутливість приладу заздалегідь виставляється так, що навіть при незначному погіршенні прозорості повітря між ними спрацьовує компаратор, який вмикає сирену.

Струм у світлодіод поступає через резистори R1 и R2. Резистор R2 — керуючий, тож з його допомогою можна регулювати яскравість HL1. Опір емітер-колектор фототранзистора HT1 разом с резистором R3 створює дільник напруги. Конденсатор C1 слугує для подавлення перешкод. Схема компаратора включає здвоєні операційні підсилювачі (ОП) А1. ОП А1.1 і слугує безпосередньо для управління сиреною F1, а ОП А1.2 є допоміжним.

За допомогою нього можна налагодити прилад без вимірювальних пристроїв. Напруга подається на інверсні входи ОП від дільника R4-VD1-R5. Діод VD1 створює невелику різницю за величиною опорної напруги, що подається на інверсні входи ОП А1. На А1.1 опорна напруга трохи більша ніж на А1.2. На виході А1.2 увімкнено транзисторний ключ VT1 з індикаторним світлодіодом в колекторному ланцюгу, а на виході А1.1 — транзисторний ключ VT2-VT3, з сиреною на виході. Налагодження приладу полягає в налагодженні R2 таким чином, щоб працював HL2, але не вмикалась сирена F1. HL2 повинний бути розташований так, щоб від нього світло не попадало на HT1. При правильному налаштуванні напруга на колекторі HT1 знаходиться на рівні трохи вище напруги на інверсному вході А1.2 та при цьому ж нижче напруги на інверсному вході А1.1.

При виникненні, наприклад, задимлення оптична пара HL1-HT1 опиняється в цьому диму, прозорість повітря між HL1 та HT1 знижується. Сила світла, що поступає на HT1 зменшується, і фототранзистор починає закриватися. Його опір в колі емітер-колектор збільшується, отже збільшується напруга на колекторі. Як тільки ця напруга стає рівною і вищою напруги на інверсному вході А1.1, на виході А1.1 створюється напруга, достатня для відкриття транзисторів VT3 та VT2. Включається сирена F1.



Живлення компаратора відбувається стабілізованою напругою від P1. Резистори R11 та R12 потрібні для покращення закриття транзисторів VT1 та VT3. У випадку неповного закриття, їх величини потрібно зменшити.

#### 2.4. Розробка печатної плати приладу

Розроблена модель печатної плати приладу (рис. 2.5). Розрахунок розмірів елементів показав, що реальна товщина доріжок і майданчиків може бути більшою.

Дистанційний аналізатор повітря включає: світлодіод HL1 – дуже яскравого червоного кольору; світлодіод HL2 – звичайний, стандартний; HT1 - фототранзистор типу L-53PBT; сирену F1 – прилад з напругою у 12В.

#### 2.5. Дослідження параметрів та характеристик дистанційного аналізатора повітря

До складу оптично-електронного пристрою входить інтегральний операційний підсилювач LM358, який значно впливає на його роботу і характеризується рядом параметрів, що описують цей компонент з точки зору якості виконання ним своїх функцій. За відсутності сигналу на входах ОП через його вхідні виводи протікають струми, обумовлені базовими струмами вхідних біполярних транзисторів.

Вхідні струми, проходячи через внутрішній опір джерела вхідного сигналу, створюють падіння напруги на вході ОП, які можуть викликати появу напруги на виході в відсутність сигналу на вході. Компенсація цього падіння

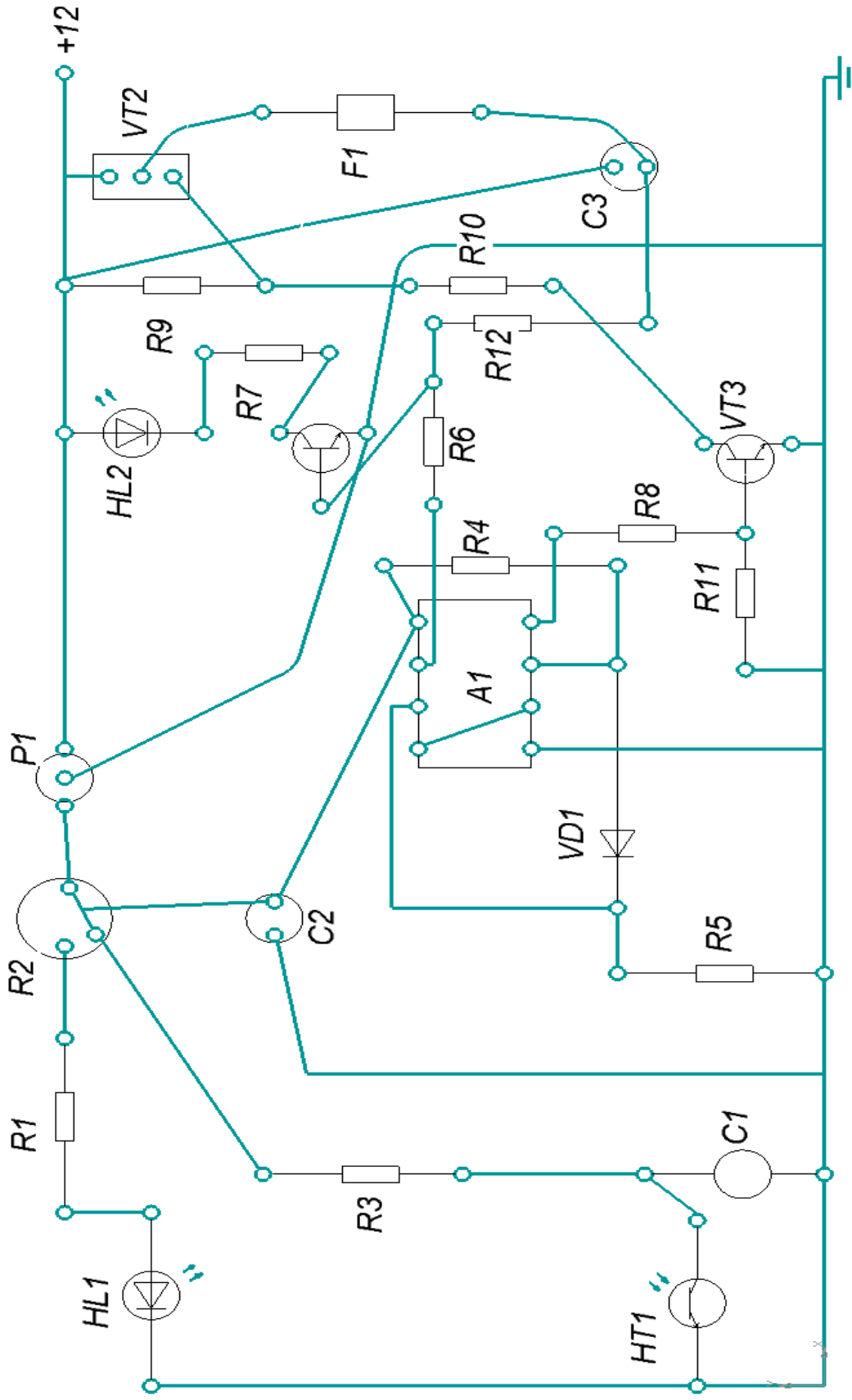


Рисунок 2.5 – Модель печатної плати приладу

напруги ускладнена тим, що струми входів реальних ОП можуть відрізнятись один від одного на 10 ... 20%.

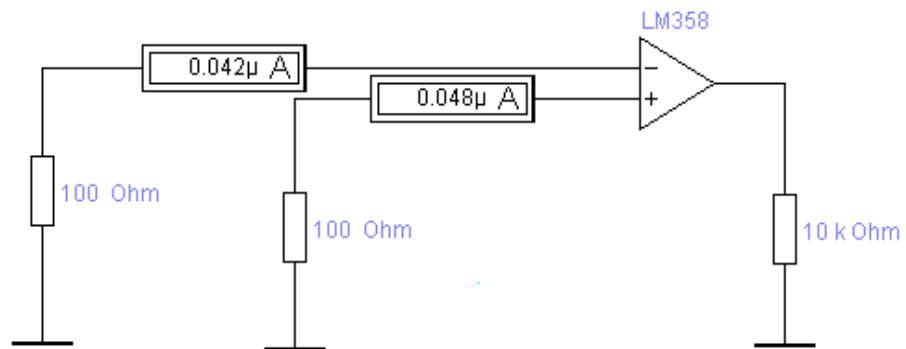


Рисунок 2.5 – Схема для вимірювання входних струмів ОП

Середній входний струм:

$$I_{\text{вх}} = \frac{I_1 + I_2}{2}, \text{ мА} \quad (2.1)$$

де  $I_1$  та  $I_2$  — відповідно струми інверсного і неінверсного входів.

$$I_{\text{вх}} = \frac{0,042 + 0,048}{2} = 0,045 \text{ мА}$$

Різниця входних струмів визначається виразом та за модулем:

$$I_{\text{різн.вх}} = I_1 - I_2, \text{ мА} \quad (2.2)$$

$$I_{\text{різн.вх}} = 0,042 - 0,048 = 0,006 \text{ мА}$$

Напруга зміщення  $U_{\text{зм}}$  - значення напруги, яке необхідно подати на вхід ОП, щоб напруга на його виході дорівнювала нулю. Напруга зміщення  $U_{\text{зм}}$  можна обчислити, знаючи вихідну напругу при відсутності напруги на вході і коефіцієнт підсилення.

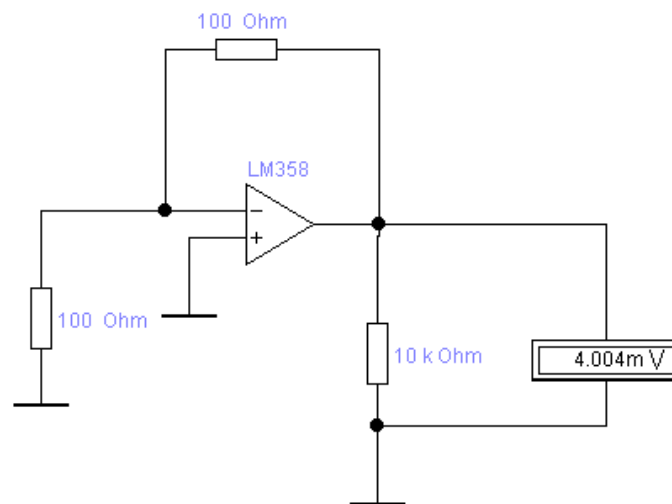


Рисунок 2.6 – Схема для вимірювання напруги зміщення ОП

$$U_{\text{зм}} = \frac{U_{\text{вих}}}{K_{\text{п}}}, \text{ мВ.} \quad (2.3)$$

де  $U_{\text{вих}}$  – напруга на виході ОП;

$K_{\text{п}}$  – коефіцієнт підсилення.

$K_{\text{п}}$  для обраного операційного підсилювача LM358 за каталогом дорівнює 100 [13].

$$U_{\text{зм}} = \frac{4}{100} = 0,04 \text{ мВ}$$

Вимірювання часу наростання вихідної напруги ОП.

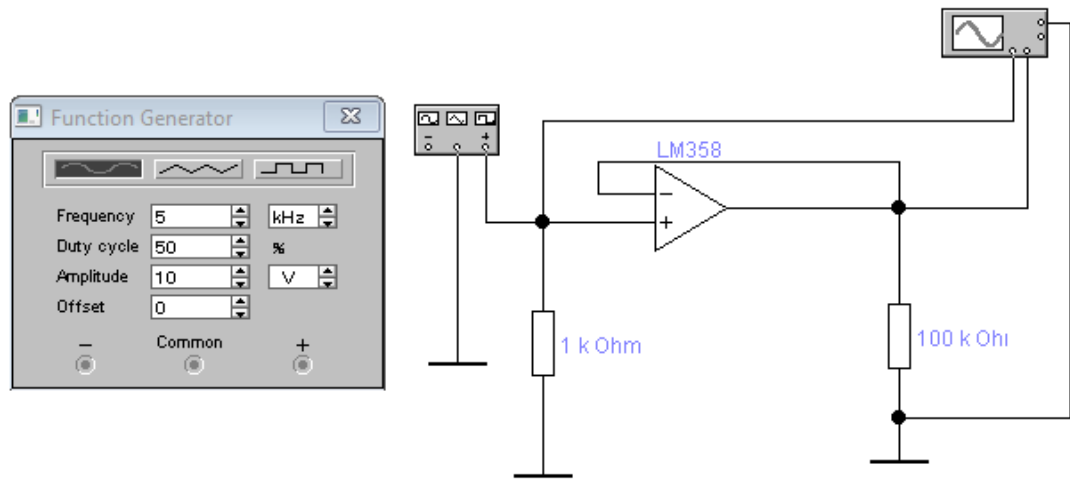


Рисунок 2.7 – Схема для вимірювання часу наростання вихідної напруги ОП

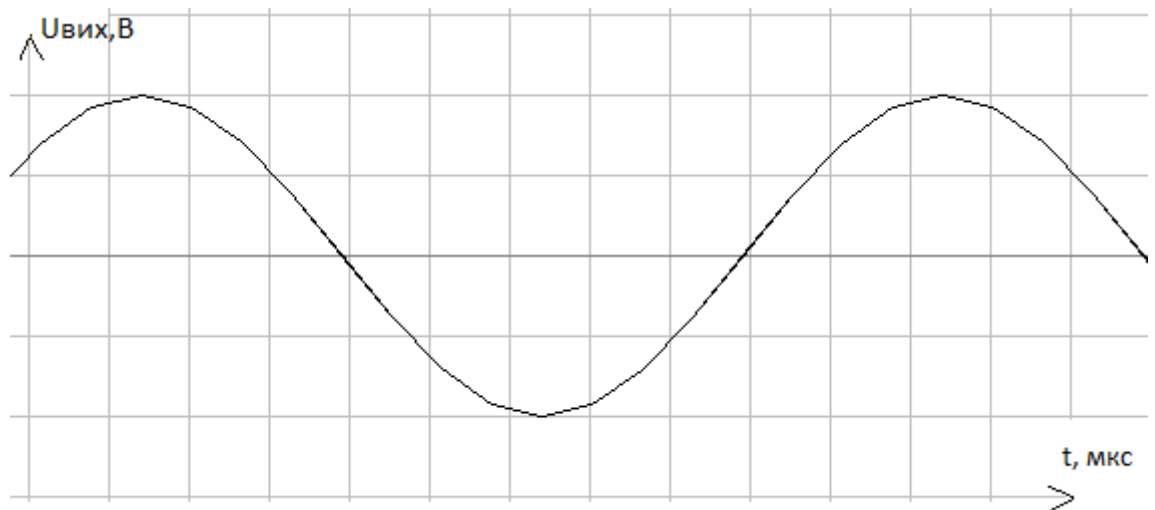


Рисунок 2.8 – Осцилограма для вимірювання часу наростання вихідної напруги ОП

За осцилограмою можна визначити величину вихідної напруги, що дорівнює приблизно 1 В та швидкість наростання вихідної напруги, приблизно дорівнює 0,4 В/мкс. Цей параметр напряму впливає на час спрацювання

транзисторів VT1 та VT3, які в свою чергу контролюють роботу сигналізації F1.

Дослідження характеристик біполярного транзистора типу КТ3102 проводиться за схемою (рис.2.9).

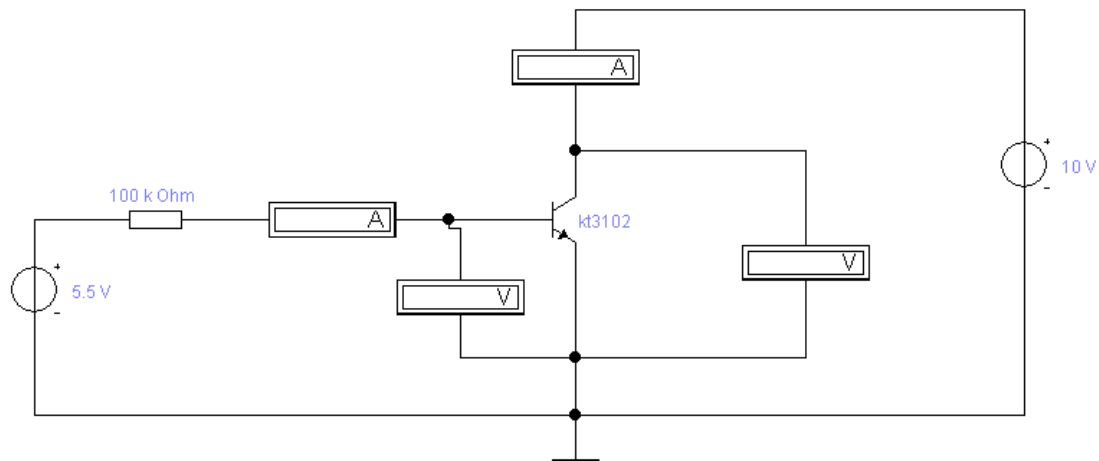


Рисунок 2.9 – Схема для дослідження статичних характеристик транзистора.

Статичний коефіцієнт передачі струму визначається як відношення струму колектора  $I_K$  до струму бази  $I_B$ :

$$\beta_{DC} = \frac{I_K}{I_B} \quad (2.4)$$

Для його визначення було проведено вимірювання струму колектора, струму бази та напруги колектор-емітер, результати представлені в таблиці 2.1.

Для визначення впливу номінального значення джерела ЕРС  $E_B$  та джерела ЕРС  $E_K$  було зімнено  $E_B$  до величини 3 В. Результати вимірювання струму колектора, струму бази і напруги колектор - емітер занесено до таблиці 2.1.

Далі змінено номінальне значення джерела ЕРС  $E_B$  до величини 5,8 В та джерела ЕРС  $E_K$  до величини 5 В. Результати вимірювання струму колектора, струму бази і напруги колектор - емітер занесено до таблиці 2.1.

Потім змінено номінальне значення джерела ЕРС  $E_B$  до величини 3 В та джерела ЕРС  $E_K$  до величини 5 В. Результати вимірювання струму колектора, струму бази і напруги колектор - емітер занесено до таблиці 2.1.

Нарешті змінено номінальне значення джерела ЕРС  $E_B$  до величини 0 В та джерела ЕРС  $E_K$  до величини 10 В. Результати вимірювання струму колектора, струму бази і напруги колектор - емітер занесено до таблиці 2.1.

За отриманими результатами розраховано коефіцієнт  $\beta_{DC}$  і внесено його значення до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати дослідження БТ

Напруга джерела	Струм бази $I_B$	Струм колектора $I_K$	Напруга колектор - емітер $U_{KE}$	Статичний коефіцієнт передачі струму $\beta_{DC}$
$E_B = 5,8 \text{ В}$	52 мкА	9,5 мА	0,78 В	180,6
$E_B = 3 \text{ В}$	22 мкА	9,5 мА	0,72	399
$E_B = 5,8 \text{ В}$ $E_K = 5 \text{ В}$	52 мкА	8,2 мА	0,75 В	187
$E_B = 3 \text{ В}$ $E_K = 5 \text{ В}$	22 мкА	4,5 мА	0,71 В	184
$E_B = 0 \text{ В}$ $E_K = 10 \text{ В}$	0 А	10 мкА	2,3 мкВ	0



Для побудови залежності  $I_K$  від  $E_K$  проведено ще декілька вимірювань, шляхом змінювання величини  $E_K$  та при сталому значенні  $E_B$  в 5,8 В, результати занесені до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Дані дослідження вихідної характеристики транзистора.

Показники	$E_K$ , В				
	0,5	1	5	10	20
$I_K$ , мА	8	8,1	8,5	9	10

За даними с таблиці 2.2 побудовано графік залежності  $I_K$  від  $E_K$  при сталому значенні  $E_B$ .(рис.2.10)

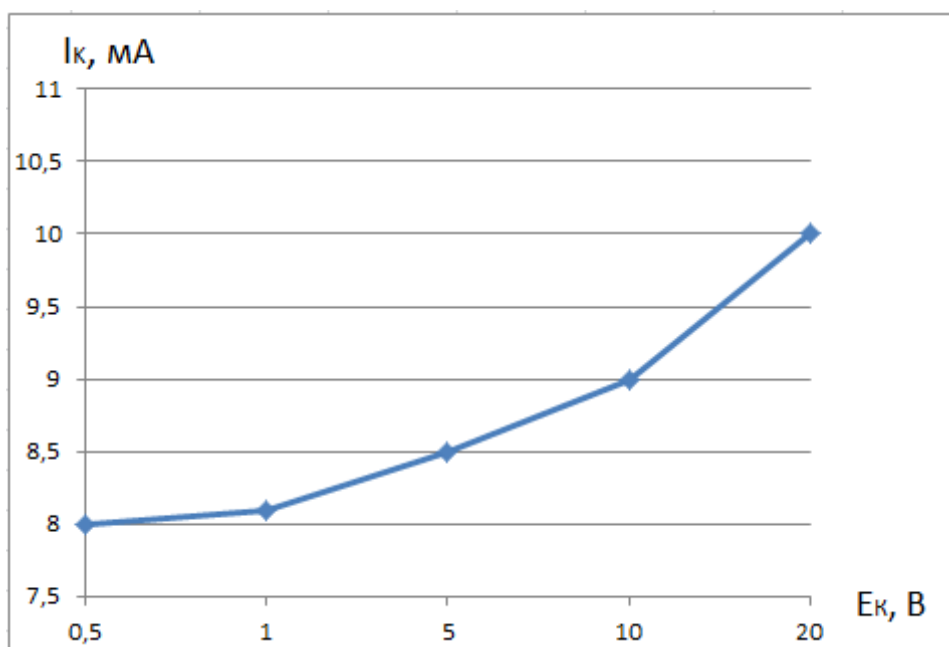


Рисунок 2.10 - Залежність струму колектора від напруги джерела ЕРС  $E_K$

Проведено дослідження окремих елементів схеми оптично-електронного пристрою, а саме операційного підсилювача LM358 та біполярного транзистора типу КТ3102, що задовольняють вимогам завдання.

### 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Головною метою охорони праці є створення на кожному робочому місці безпечних умов праці, умов безпечної експлуатації, обладнання, зменшення або повна нейтралізація дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на організм людини і, як наслідок, зниження виробничого травматизму та професійних захворювань.

Аналіз санітарно-гігієнічних умов праці при виконанні досліджень показав, що у операторній постійно працює дві людини. Види виконуваних робіт – слідкування за ходом технологічного процесу, формування звітів: добових, місячних, річних, розробка, налагодження і запуск програм. Для цієї мети у лабораторії використовується 2 персональні ЕОМ класу Celeron 2.4. На 2 персональних комп'ютерах (ПК) встановлені монітори марки SAMTRON 56E, що за ступенем безпеки відповідає стандартам ISO та MPRII.

Окрім наявних відомих небезпек, існують ще небезпеки, які можуть виникати безпосередньо на робочих місцях. Серед них можна виділити наступні:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електрообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

- негативні відносини у колективі в наслідок постійних емоційних зривів, які можуть призвести до підвищених емоційних навантажень;

- негативний вплив електромагнітних, в тому числі і рентгенівських випромінювань при використанні моніторів персональних комп'ютерів з електронно-променевою трубкою, що може призвести до погіршення зору, зниження імунітету;

- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю або хибного вибору освітлювальних приладів, що призведе до погіршення зору;
- недостатня усвідомленість при експлуатації нового, придбаного обладнання, і через це неправильні дії робітників, що може призвести до травм та загибелі людей;
- незадовільні параметри мікроклімату робочого місця, у зв'язку із відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, які можуть викликати загальні захворювання;
- виникнення небезпеки морально-психічної форми у робітників, які звикли працювати на старому обладнанні, до яких вже звикли, через що можуть з'явитись нервово-психічні навантаження внаслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;
- вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;
- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей [13].

### 3.1 Заходи по забезпеченню безпеки на підприємствах

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: «Правил устрою електроустановок» (далі «ПУЕ») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ.

Для проведення досліджень необхідне захисне заземлення, занулення»,

у якого величина опору електрообладнання приміщення - 4 Ом( ПУЕ-2014); приміщення, в якому розташовуються ЕОМ, різноманітне устаткування, що відноситься до класу пожежонебезпечної зони П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44, ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ, обладнання офісу повинно мати подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції; ГОСТ 12.2.007.0-75\* (2001) «ССБТ.

Периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ за способом захисту людини від ураження електричним струмом, належать до І класу, оскільки мають подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та дріт для приєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом. Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Для оптимізації відносин у колективі проводяться тренінги з залучанням психологів [14].

Внаслідок роботи з ПК, на фізіологію людини негативно впливають електромагнітні випромінювання. Щоб зменшити наслідки впливу на людину та знизити негативні показники у робочій зоні до допустимих значень, згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75, вироби, які створюють електромагнітні поля, повинні мати захисні елементи (екрани, поглиначі і т.ін.). Вимоги до захисних елементів повинні бути вказані в стандартах та технічних умовах на конкретні види виробів. Згідно з НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих

місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та електромагнітного випромінювань.

В офісному приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становить 400 лк. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ, при застосуванні яких необхідно дотримуватись наступних умов:

- температура навколишнього повітря не повинна бути нижчою, ніж 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах повинна бути не менша, ніж 90% номінальної.

Для попередження небезпеки та можливих травм робітників, а також заради запобігання нервово-психічного навантаження внаслідок специфіки виконуваних робіт необхідно дати робітникам пройти адаптаційний термін, щоб робітники звикли до роботи. При встановленні нового обладнання, обов'язково треба проводити передбачені інструктажі з експлуатації цього нового обладнання [14].

### 3.2. Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення повинні відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні можливо здійснювати за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диску в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

Під час виконання робіт з ПК у виробничих приміщеннях значення характеристик вібрації на робочих місцях не перевищують допустимого рівня, які відповідають вимогам ДСН 3.3.6-039-99 «Державні норми виробничої загальної і локальної вібрації» та ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Персонал не має потреби в додатковому захисті від вібрації, яку виробляють ПК. Оскільки ПК установлені на спеціальній комп'ютерних столах, які поглинають залишкову вібрацію [15].

Метеорологічні умови в виробничих приміщеннях – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Загальні санітарно – гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Роботи в офісному приміщенні, належать до категорії Іб – легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23<sup>0</sup>С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;

- у теплий період року: температура 22-24<sup>0</sup>С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Для належного повітрообміну в приміщенні використовується вентиляція. Вентиляція – організований і регульований повітрообмін, що забезпечує видалення з приміщення повітря, забрудненого шкідливими газами, парами, пилом, а також поліпшує метеорологічні умови праці. За способом подачі в приміщення свіжого повітря і видалення забрудненого, вентиляції ділять на природну, механічну і змішану. Також для кращого повітрообміну в приміщенні встановлюються сучасні системи провітрювання, відкриваються вікна, але все ж таки найкращий повітрообмін забезпечує вентиляція [15].

### 3.3. Заходи з пожежної безпеки

Горінням називається складний фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини та окислювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла. Процес горіння призводить до пожежі.

Пожежа – неконтрольоване горіння спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі.

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі за ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» поділяють на відповідні класи та підкласи:



- клас А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням;
- клас В – пожежі горючих рідин або твердих речовин, які розтоплюються;
- клас С – пожежі газів;
- клас D – пожежі металів та їх сплавів;
- клас Е – пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

Так як всі кабінети офісів обладнані офісною технікою (персональними комп'ютерами) можливо пожежу віднести до класу Е.

Методика. з допомогою якої визначають категорію приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, регламентується у НАПББ.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установ, за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

За вибухопожежною небезпекою приміщення й будівлі поділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д.

Приміщення в офісі відносимо до категорії В, так як в офісі знаходиться багато техніки і легко займистих матеріалів [14].

Визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння слід проводити з урахуванням фізико-хімічних та пожежонебезпечних властивостей горючих речовин, їх взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установ. Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху та приміщення.

Для гасіння великих площ горіння, коли застосування ручних та пересувних вогнегасників є недостатнім, на об'єкті мають бути передбачені додатково ефективні засоби пожежогасіння, наприклад стаціонарні установки автоматичного пожежогасіння та інші [15].

Вибір типу та визначення потрібної кількості вогнегасників здійснюється залежно від вогнегасної здатності вогнегасників, граничної площі, класу пожежі та за категорією приміщення (стандарт ISO 3941-77).

Загальна площа приміщення, яку займає офіс складає 30 м<sup>2</sup>. Так як офіс відноситься до категорії приміщення В, класу пожежі Е і займає площу 30 м<sup>2</sup>, рекомендовано два вуглекислотних вогнегасника ємністю 5 літрів, які слід розмістити у крайніх сторонах приміщення.

Ступінь вогнестійкості будівлі, де розташовано офіс – В (цегляна триповерхова будівля).

Для протипожежного захисту офісу площею 30 м<sup>2</sup> необхідно два вуглекислотних вогнегасника ємністю 5 літрів, які розташовані у крайніх сторонах коридору.

У випадку пожежі передбачено шляхи евакуації робітників проходи, проїзди, евакуаційні виходи у відповідності до ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Евакуаційні виходи розташовано розосереджено у кількості не менше двох на споруду[15].

#### 3.4. Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості виробничих об'єктів до впливу світлового випромінювання, вторинних факторів ядерного вибуху, проникаючої радіації і радіоактивного зараження.

Інженерно-технічні заходи містять в собі роботи, що забезпечують стійкість виробничих будівель і споруд, обладнання та комунально-енергетичних систем.

Заходи для підвищення стійкості об'єктів господарювання здійснюються у відповідності з вимогами «Норм проектування інженерно-технічних заходів ЦО». Норми проектування запроваджуються в дію постановою Уряду і періодично поновлюються.

Згідно ПУЕ-2014 та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом.

В офісному приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення [15].

Згідно з НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та значного електромагнітного випромінювань.

У випадку пожежі передбачено шляхи евакуації робітників проходи, проїзди, евакуаційні виходи у відповідності до ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Евакуаційні виходи розташовано розосереджено у кількості не менше двох на споруду.

На основі кодексу цивільного захисту населення України розглянули інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості виробничих об'єктів до впливу світлового випромінювання, вторинних факторів ядерного вибуху, проникаючої радіації і радіоактивного зараження при надзвичайних ситуаціях.

Вимоги «Норм» призначені для того, щоб завчасно виконати заходи, щодо:

- запобігання виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру;

- забезпечити захист населення та знизити масштаби руйнувань (пожеж, затошень, заражень);
- підвищити стійкість роботи об'єктів господарювання і галузей економіки;
- створити умови для успішного проведення робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [13].

При виконанні дослідних робіт необхідно виділити оцінки стійкості роботи об'єкта до впливу світлового випромінювання, вторинних факторів ядерного вибуху, проникаючої радіації і радіоактивного зараження.

Критерієм стійкості об'єкта до дії світлового опромінювання є значення того мінімального імпульсу світлового опромінювання, при якому може виникнути займання матеріалів чи споруд, в результаті чого на об'єкті виникнуть пожежі.

Величину світлового імпульсу, який викликає займання, визначає за допомогою спеціальних таблиць. Значення світлового імпульсу, що викликає займання і початок пожеж на об'єкті, є граничним рівнем стійкості до світлового опромінювання.

Якщо об'єкт складається з групи будівель і споруд, то визначається можлива пожежна обстановка в цій групі будівель, враховуючи щільність забудови [14].

У висновках про стійкість об'єкта до дії світлового опромінювання вказується граничний рівень стійкості об'єкта, найбільш небезпечні в пожежному відношенні ділянки, можливий пожежний стан на об'єкті, граничний рівень доцільного підвищення стійкості до світлового опромінювання, необхідні протипожежні й інженерно-технічні заходи.

Критерієм стійкості об'єкта до дії ударної хвилі є максимальне значення надлишкового тиску, під час дії якого будівлі, споруди та обладнання об'єкта ще зберігаються або отримують слабкі чи середні руйнування. Ці значення

надлишкового тиску прийнято вважати граничним рівнем стійкості об'єкта щодо ударної хвилі. Стійкість об'єкта визначається стійкістю кожного елемента виробництва окремо (цеху, ділянки, системи).

Оцінка стійкості об'єкта до дії ударної хвилі зводиться до знаходження граничного рівня стійкості і проводиться в такій послідовності[8]:

- виділяються основні елементи об'єкта, від функціонування яких залежить випуск продукції чи функціонування об'єкта. Такими основними елементами, як правило, є будівлі цехів чи складів, енергетичне обладнання, інженерно-технічні пристрої, системи водопостачання, каналізації, вентиляції, опалення тощо;

- складаються детальні характеристики кожного елемента, наприклад: будівля механічного цеху цегляна, одноповерхова, висота 9 м, покрита руберойдом по дереву;

- визначається ступінь руйнувань елементів об'єкта залежно від надлишкового тиску за допомогою спеціальних таблиць. Для кожного елемента об'єкта знаходяться ті значення надлишкового тиску, які спричиняють до слабких, середніх, сильних і повних руйнувань;

- визначається граничний рівень стійкості до дії ударної хвилі кожного елемента об'єкта, при якому той одержує не більш як середні руйнування. Наприклад: складське приміщення залізобетонної конструкції може одержати середні руйнування при надлишковому тиску 20...30 кПа. У цьому разі за граничний рівень стійкості слід брати мінімальне значення, тобто 20 кПа;

- визначається граничний рівень стійкості всього об'єкта до дії ударної хвилі за мінімальним значенням граничного рівня стійкості тих елементів, що входять до складу об'єкта. Так, якщо складська будівля має рівень стійкості 20 кПа, складське обладнання – 35 кПа, мережа електропостачання – 15 кПа, то граничний рівень стійкості складу – 15 кПа, хоча будівля складу і його обладнання не будуть виведені з ладу;

- проводиться аналіз результатів оцінки і робляться висновки про стійкість об'єкта до ударної хвилі, при цьому вказується мінімальне значення надлишкового тиску, яке виводить об'єкт з ладу. Визначаються найбільш вразливі місця та елементи і пропонуються конкретні заходи щодо підвищення стійкості об'єкта до ударної хвилі. При цьому враховується як важливість об'єкта, так і економічні витрати, які пов'язані з пропонованими заходами по підвищенню рівня стійкості об'єкта. Той рівень стійкості, до якого слід підвищувати стійкість об'єкта, як правило, встановлює вищестоящий штаб ЦЗ або міністерство [13].

Вторинними вражаючими факторами є пожежі, вибухи, затоплення, забруднення атмосфери та місцевості і ін. Втрати від вторинних вражаючих факторів у ряді випадків можуть значно перебільшувати втрати, які одержує господарство в результаті дії первинних факторів, притаманних більшості надзвичайних ситуацій.

Джерела вторинних вражаючих факторів на об'єкті й в небезпечному віддаленні від нього повинні виявлятися заздалегідь з метою завчасного прийняття заходів, що направлені на виключення чи зменшення вражаючої дії.

Оцінка стійкості об'єктів до дії вторинних вражаючих факторів проводиться в такій послідовності:

- виявляються всі можливі джерела вражаючих факторів, як внутрішні, так і зовнішні;
- визначається найкоротші відстань від об'єкта до кожного джерела вторинного ураження (на місцевості або на мапі чи плані);
- визначається характер вражаючої дії вторинного фактора (пожежа, затоплення, загазованість т. ін.);
- встановлюється чи враховується час від моменту появи до моменту початку дії на об'єкт вторинного вражаючого фактору;

- визначається тривалість дії вражаючого фактора й можливі розміри втрат.

Одержані результати аналізуються і робляться конкретні висновки для розробки організаційних, інженерно-технічних та технологічних заходів щодо виключення або обмеження дії на роботу об'єкта вторинних вражаючих факторів [16].

Критерієм стійкості роботи об'єкта до дії радіоактивного забруднення є допустима доза опромінення, яку можуть одержати робітники й службовці зміни, що працюють, за час роботи при дотриманні встановленого режиму захисту.

У розрахунках виходять з того, що при радіоактивному забрудненні робітники й службовці знаходяться на робочих місцях у продовж усієї робочої зміни (у воєнний час 10-12 годин), а потім перебувають в захисних спорудах.

Вихідними даними для оцінки є:

- характеристика виробничих приміщень, будов, їх здатність послаблювати опромінювання (значення коефіцієнта зменшення опромінювання);
- характеристика захисних споруд;
- встановлена доза опромінення;
- тривалість роботи зміни.

На основі вихідних даних розраховується максимальний рівень радіації (на першу годину після аварії на АЕС чи після ядерного вибуху), за якого працююча протягом вказаних годин зміна не одержить дозу опромінення, більшу встановленої на першу добу.

Оцінюється також ступінь герметизації виробничих приміщень, можливість її покращення, щоб зменшити проникнення до приміщення радіоактивного пилу[16].

Одержані результати аналізуються, робляться висновки й накреслюються заходи, спрямовані на підвищення стійкості роботи в умовах радіоактивного забруднення. У висновках також зазначають умови забруднення радіоактивними речовинами, за яких об'єкт має змогу стійко працювати після деякої перерви, необхідної для здійснення захисту робочої зміни на період випадання радіоактивних речовин (вказують проміжок часу, на який слід перервати роботу об'єкта).

Під час оцінки можливості роботи об'єкта в умовах хімічного забруднення або зараження бактеріологічними засобами, аналізується стан герметизації виробничих приміщень, можливість її проведення в разі необхідності, забезпеченість робітників і службовців протигазами та їх вивчення. При цьому вивчається та аналізується можливість роботи без руйнування герметизації приміщень.

Оцінюється обов'язково можливість проведення робіт зі знезараження об'єкта і прилеглих ділянок, їх трудомісткість, доцільність.

На основі проведеного аналізу пропонуються й розробляються заходи щодо покращення системи заходів, які дозволяють забезпечити стійку роботу об'єкта в умовах хімічного та бактеріологічного забруднення [14].

Потрібно зазначити, що в даному розділі дипломної роботи було визначено та проаналізовано потенційні небезпеки, які виникають на робочому місці у працівників офісних приміщень, а також було розроблено заходи безпеки та шляхи усунення потенційних небезпек в офісі. Було вивчено та розроблено заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці, зроблено детальний розрахунок повітрообміну в офісному приміщенні, який займає площу 30 м<sup>2</sup>, також було розглянуто заходи з пожежної безпеки, та встановлено категорію приміщення офісу, який займає площу 30 м<sup>2</sup>, клас пожежі та було рекомендовано кількість вогнегасників для цього приміщення.



А також було запропоновано ряд заходів щодо забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Одним з найважливіших завдань охорони праці є забезпечення таких умов праці, які б вилучали можливість дії на працюючих різного роду небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Нанесення травми людині на виробництві зумовлюється наявністю фізичних, хімічних, біологічних та психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Безпечність виробничих процесів досягається комплексом проектних та організаційних рішень. Це – вибір технологічного процесу, робочих операцій, черговості обслуговування обладнання тощо. Безпечність виробничих процесів полягає у запобіганні впливу небезпечних і шкідливих факторів на працюючих[15].

### 3.5 Розрахунок освітлення

Проводимо розрахунок освітлення

Вихідні дані для розрахунку:

Довжина  $a=16,5$  м;

Ширина  $b = 5$  м;

Висота крану  $h_{\text{п}} = 4$  м.

Висота звісу  $h_{\text{з}} = 0,5$ м

Стіна та стеля – темна;

Висота робочої поверхні над рівнем підлоги  $h_{\text{р}}=0,8$  м.

$U_{\text{сеті}} = 220\text{В}$ .

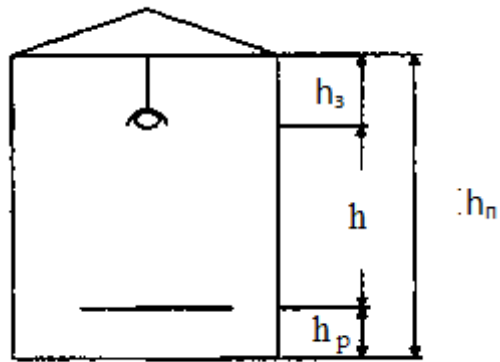


Рисунок 3.1 - Довжини висот приміщення

Визначаємо висоту звісу світильників над робочою поверхнею [16].

$$h = h_n - (h_c + h_p) \text{ м.} \quad (3.1)$$

$$h = 4 - (0,5 + 0,8) = 2,7 \text{ м}$$

Для світильника «Універсал» визначаємо відстань між світильниками за рекомендованим співвідношенням. [16]

$$L = (1,4 \div 1,8) \cdot h, \text{ м} \quad (3.2)$$

$$L = (1,4 \div 1,8) \cdot 2,7 = 3,78 \div 4,86 \text{ м}$$

$$0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 3,78 \div 4,86 = 1,89 \div 2,43 \text{ м}$$

$$E_{\min} = 100 \text{ лк.}$$

Визначаємо світловий потік однієї лампи для забезпечення освітленості  $E_{\min, \text{роз}}$ . [16]:

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot Z \cdot K_z}{K_n \cdot n}, \text{ Лк} \quad (3.3)$$

де  $E_{\min}$  – мінімальна нормована освітленість;

$S$  – площа приміщення.

Наносимо світильники на план ділянки

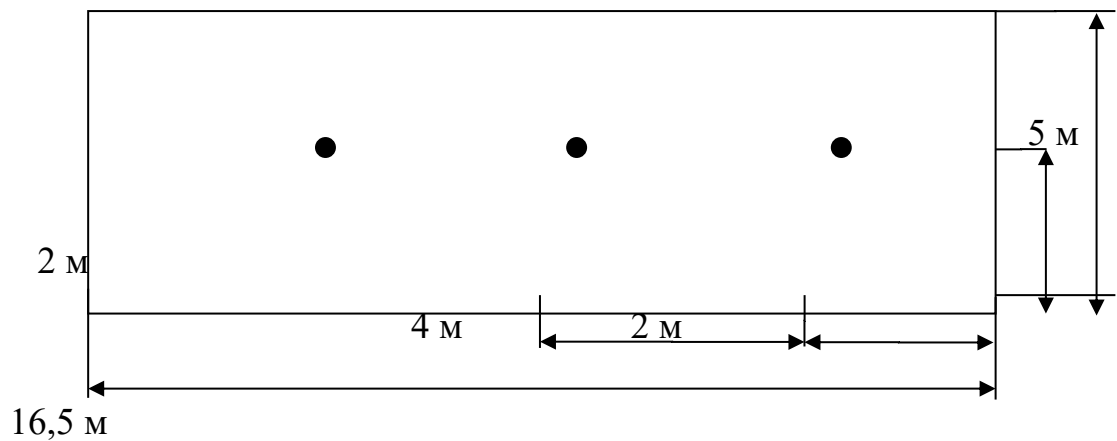


Рисунок 3.2 - Світильники на плані ділянки

$$Z = \frac{E_{\text{ср.}}}{E_{\text{min}}}$$

Якщо прийняти  $Z = 1$ , то може виявитися, що середня освітленість буде у нормі, але через нерівномірність в окремих місцях може виявитись нижче норми. Приймають  $Z = 1,1 \div 1,3$  [16].

$K_3$  – коефіцієнт запасу, який враховує зниження світлового потоку за рахунок забруднення і старіння ламп. Значення коливається у межах  $1,2 \div 1,4$  (іноді 2).

$$K_3 = 1,2 \div 1,4 [16].$$

$n$  – Кількість ламп;

$K_i$  – коефіцієнт використання світлового потоку, тобто відношення  $\frac{\Phi}{n \cdot \Phi_{\text{л}}}$ .

( $\Phi$  – корисний потік,  $n \cdot \Phi_{\text{л}}$  – весь потік, який випромінюється лампами).

Визначається за таблицями в залежності від індексу приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a+b)}, \quad (3.4)$$

де  $a$  – довжина,  $b$  – ширина,  $h$  – висота підвісу, а також від світлості стін і стелі та типу світильника.

$$i = \frac{16,5 \cdot 5}{2,7 \cdot (16,5 + 5)} = 1,42$$

$$K_i = 0,5$$

$$\Phi = \frac{100 \cdot 16,5 \cdot 5 \cdot 1,3 \cdot 1,4}{0,5 \cdot 4} = 7507,5 \text{ Лк}$$

По розрахунковому світовому потоку вибирають з каталогу виробника найближчу за потоком лампу, світловий потік якої не повинен відрізнятися більш, ніж на -10%...+20%. Вибираємо лампу ДРЛ-2000.  $\Phi_{\text{л}} = 11000 \text{ лм}$ .

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

- Аналіз ринку сучасних приладів для контролю загазованості та задимленості приміщень, в тому числі і цигарковим димом, показав, що аналізатори повітря на напівпровідникових структурах мають низьку вартість та високу надійність при широкому ступені ( $-30^{\circ}\text{C}$  -  $+90^{\circ}\text{C}$ ) температурного спрацювання.
- Розроблено оптоелектронний прилад для детектування газу та диму в приміщеннях, що має достатньо високу чутливість, низьке енергоспоживання, звукове оповіщення, а використання напівпровідникових структур дозволяє створювати прилади контролю загазованості та задимленості приміщень малого розміру, з низькою потужністю та можливістю вимірювання концентрації газів в широких межах із достатньою точністю.
- Розроблений прилад може застосовуватися в якості детектора газу та диму на промислових об'єктах та в житлових приміщеннях, також використовуватися в якості датчика в системі пожежної сигналізації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пожежна безпека в Україні. URL: <https://pro-op.com.ua/article/1013-rojejna-bezpeka> (дата звернення: 04.01.2023).
2. ДСТУ EN 54-7:2004 Системи пожежної сигналізації. Частина 7. Сповіщувачі пожежні димові точкові розсіяного світла, пропущеного світла або іонізаційні.
3. ГСТУ 78.11.001-98 «ГАЛУЗЕВИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ. Укріпленість об'єктів, що охороняються за допомогою пульта централізованого спостереження Державної служби охорони. Загальні технічні вимоги»
4. ГОСТ 26342-84 «СРЕДСТВА ОХРАННОЙ, ПОЖАРНОЙ И ОХРАННО-ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ»
5. ВБН В.2.5-78.11.01-2003 «Системи сигналізації охоронного призначення. ВІДОМЧИ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ»
6. ДБН В.2.5-56-2014 «Інженерне обладнання будинків і споруд. СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ»
7. Пожежна сигналізація URL: <http://florian-lviv.com/pozhezhna-syhnalizatsia> (дата звернення: 04.09.2023).
8. Типи пожежної сигналізації URL: <https://ssbb.com.ua/uk/oxoronno-pozhezhnasignalizaciya/signal%D1%96zac%D1%96ya/tipy-pozharnoj-signalizacii/>
9. Протипожежна диспетчеризація URL: <http://www.tsm.ua/ru/aktivnyie-sistemyi-pozharnoybezopasnosti/protivopozharnaya-dispetcherizatsiya.html> (дата звернення: 18.10.2023).
10. Системи пожежної та охоронної сигналізації: навч. посібник для курсантів та слухачів вищих пожежно-технічних навчальних закладів, працівників пожежної охорони, спеціалістів установ та організацій, які працюють у галузі забезпечення пожежної безпеки / В.В. Христич та ін. Харків, 2022. 87 с.

11. Д. Себенцов. Основні тенденції розвитку традиційних пожежних сповіщувачів. *Алгоритм безпеки*, №2, 2003 р., С. 26-29.
12. Луковська А.О., ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту, 2001. 127 с.
13. Бондаренко С.М., Дерев'янко О.А., Христич В.В., Антошкін О.А. Системи пожежної та охоронної сигналізації. Х.: УЦЗУ, 2008. 144 с.
14. Технічні характеристики пожежних сповіщувачів. URL: [http://ni.biz.ua/10/10\\_4/10\\_43688\\_izveshchatel-pozharniy-teplovoy-ip-.html](http://ni.biz.ua/10/10_4/10_43688_izveshchatel-pozharniy-teplovoy-ip-.html) (дата доступу 20.10.2023)
15. Основи охорони праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Р.М. Івах та ін. Київ: Кодар, 2010. 462 с.
16. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. Вид. офіц. Київ: державні санітарні норми, 2011. 105с.

## Додаток А

Таблиця – Специфікація використаних елементів

Позначення на схемі	Найменування	Номінальні параметри	Кількість
P1	Стабілізатор напруги 78L08	$U_{\text{вих}} = 8 \text{ В}$ $U_{\text{вх}} = 30 \text{ В}$ $I_{\text{вх}} = 100 \text{ мА}$ $P_{\text{розс.}} = 0,625 \text{ Вт}$	1
A1	Здвоєний операційний підсилювач LM358	$U_{\text{вхмін.}} = 2 \text{ В}$ $U_{\text{вхмакс.}} = 16 \text{ В}$ $K_{\text{пос.}} = 100$ $I_{\text{вих}} = 30 \text{ мА}$	1
VT1, VT3	Транзистор КТ3102	$U_{\text{КБ макс.}} = 50 \text{ В}$ $U_{\text{КЕ макс.}} = 45 \text{ В}$ $U_{\text{ЕБ макс.}} = 5 \text{ В}$ $I_{\text{К макс.}} = 100 \text{ мА}$ $T_{\text{перехода}} \leq + 150 \text{ }^\circ\text{C}$	2
VT2	Транзистор КТ816	$U_{\text{КЕ макс.}} = 25 \text{ В}$ $U_{\text{ЕБ макс.}} = 5 \text{ В}$ $I_{\text{К макс.}} = 3 \text{ А}$ $T_{\text{перехода}} \leq + 100 \text{ }^\circ\text{C}$	1
HL1	Світлодіод RL81	$U_{\text{вх}} = 2 \text{ В}$ $I_{\text{пр}} = 20 \text{ мА}$ $\lambda = 560 \text{ нм}$	1



VD1	Діод 1N4148	$U_{звор} = 75 \text{ В}$ $I_{пр} = 500 \text{ мА}$ $C_{перех} = 4 \text{ пФ}$	1
HT1	Фототранзистор L-53P3BT	$I_{ке} = 100 \text{ нА}$ $U_{вх} = 0,8 \text{ В}$ $I_{кб} = 0,5 \text{ мА}$ $U_{ке} = 30 \text{ В}$	1
HL2	Світлодіод АЛ307	$U_{вх} = 2,8 \text{ В}$ $I_{пр} = 10 \text{ мА}$ $\lambda = 690 \text{ нм}$	1
F1	Сигналізація ОС3-2	$U_{макс.} = 15 \text{ В}$ $I_{макс.} = 0,2 \text{ мА}$ $T_{роб.} \leq + 55 \text{ }^\circ\text{C}$ $P_{зв} = 100 \text{ дБ}$	2
C1	Конденсатор К73-17	$U_{ном.} = 63 \text{ В}$ $C_{ном.} = 0,01 \text{ мкФ}$ $T_{роб.} \leq + 125 \text{ }^\circ\text{C}$	1
C2, C3	Конденсатор К50-6	$U_{ном.} = 50 \text{ В}$ $C_{2ном.} = 10 \text{ мкФ}$ $C_{3ном.} = 1000 \text{ мкФ}$ $T_{роб.} \leq + 105 \text{ }^\circ\text{C}$	2
R1, R3	Резистор С2-23-0,125	$R_{1ном.} = 2,2 \text{ кОм}$ $R_{3ном.} = 300 \text{ кОм}$	2
R2	Резистор регулюючий С2-23	$R_{ном.} = 10 \text{ кОм}$	1
R4 - R12	Резистор С2-23	$R_{4ном.} = 10 \text{ кОм}$ $R_{5ном.} = 10 \text{ кОм}$ $R_{6ном.} = 10 \text{ кОм}$	9

		$R_{7\text{HOM}} = 430 \text{ OM}$ $R_{8\text{HOM}} = 10 \text{ KOM}$ $R_{9\text{HOM}} = 10 \text{ KOM}$ $R_{10\text{HOM}} = 2,2 \text{ KOM}$ $R_{11\text{HOM}} = 300 \text{ OM}$ $R_{12\text{HOM}} = 3,3 \text{ KOM}$	
--	--	---	--



**SCI-CONF.COM.UA**

**MODERN RESEARCH  
IN WORLD SCIENCE**



**PROCEEDINGS OF XI INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE  
JANUARY 29-31, 2023**

**LVIV  
2023**

**MODERN RESEARCH  
IN WORLD SCIENCE**

Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference  
Lviv, Ukraine  
29-31 January 2023

Lviv, Ukraine

2023

## РОЗРОБКА ДИСТАНЦІЙНОГО АНАЛІЗАТОРА ПОВІТРЯ

UDC 001.1

The 11<sup>th</sup> International scientific and practical conference “Modern research in world science” (January 29-31, 2023) SPC “Sci-conf.com.ua”, Lviv, Ukraine. 2023. 1579 p.

ISBN 978-966-8219-86-3

The recommended citation for this publication is:

*Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Modern research in world science. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Lviv, Ukraine. 2023. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/xi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research-in-world-science-29-31-01-2023-lviv-ukrayina-arhiv/>.*

**Editor**

**Komarytsky M.L.**

*Ph.D. in Economics, Associate Professor*

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

**e-mail:** [lviv@sci-conf.com.ua](mailto:lviv@sci-conf.com.ua)

**homepage:** <https://sci-conf.com.ua>

©2023 Scientific Publishing Center “Sci-conf.com.ua” ®  
©2023 Authors of the articles

**Бондаренко Микита Олексійович,**  
студент кафедри електроніки, інформаційних  
системи та програмного забезпечення  
[nykitos2001@gmail.com](mailto:nykitos2001@gmail.com)

**Ніконова Зоя Андріївна,**  
**к.т.н.**, доцент, професор кафедри  
електроніки, інформаційних системи та  
програмного забезпечення

[nz.a@ukr.net](mailto:nz.a@ukr.net)  
Інженерний навчально-науковий інститут  
ім. Ю. М. Потебні  
Запорізький національний університет  
м. Запоріжжя, Україна

**Актуальність.** Глобальне потепління на земній кулі приводить до підвищення температури повітря навколишнього середовища, а отже сприяє виникненню пожеж, що супроводжується загазованістю та задимленістю приміщень. В результаті виникнення вогнищ, загоряння або задимлення страждає не тільки майно, обладнання та матеріали, а й здоров'я, а, найчастіше, і людське життя. Саме тому важливо, щоб знання про наслідки пожеж були доступні та доведені якомога до ширшого кола населення. Уникнути постраждалих на об'єктах і будівлях можна встановленням датчиків - це технічні пристрої, які служать для своєчасного реагування та оповіщення людей для того, щоб вони встигли покинути небезпечну зону і вжити заходів.

Умов виникнення загоряння, загазованості та задимлення декілька:

- необхідний вміст кисню в навколишньому повітряному просторі;
- наявність легкозаймистих і горючих матеріалів і речовин;
- джерело вогню - непогашений недопалок, сірник, електроприлад під напругою та **і.д.**;
- людина, через недбалість або з злочинним наміром якого відбувається велика частина пожеж [1].

Актуальність теми полягає у необхідності контролю процесів паління, визначення концентрації загазованості та забруднення повітря в приміщеннях, в тому числі і цигарковим димом, що знизить ступінь загрози безпечному життю людей.

**Мета.** Розробити універсальний оптично – електронний пристрій з використанням волоконно-оптичного зв'язку, робота якого основана на фіксації продуктів горіння внаслідок спрацювання оптичної системи.

**Матеріали та методи./Materials and methods.** Сучасна система контролю димового забруднення об'єктів, у тому числі і тютюновим димом – це інтелектуальний комплекс, логіка проектування якого відрізняється від логіки проектування інших, можливо і більш складних систем.

Особливістю їх функціонування є взаємодія всіх ланок у реальному часі та забезпечення синхронного виконання операцій. Одними із надійних та дієвих складових такої системи є пристрої, які спрацювують на виникнення диму. Відомо, що вони бувають двох видів — іонізаційні та фотоелектричні.

Іонізаційні датчики диму — ці пристрої мають складний дизайн. Вони складаються з камери, утвореної двома електрично зарядженими пластинами, та радіоактивного матеріалу, який іонізує повітря, що рухається між пластинами. Електронна схема всередині пластин активно вимірює іонізаційний струм, створюваний цією конструкцією. У разі займання, частинки згорання потрапляють в іонізаційну камеру, багаторазово стикаючись та з'єднуючись з іонізованими молекулами повітря та зменшуючи їх кількість. Електронна схема всередині пластин виявляє ці зміни в камері та, коли заздалегідь встановлений поріг перетинається, залучає сирену для сигналізації.

Фотоелектричні датчики диму — такі сповіщувачі розроблені за принципом того, як дим від вогню змінює інтенсивність світла, що проходить через повітря [2].

Комбіновані датчики - об'єднують іонізаційні та фотоелектричні технології. Вони поєднують додаткові пристрої, такі як інфрачервоні детектори, датчики витоку газу та датчики теплові пожежні — щоб точно

виявити реальну пожежу та зменшити помилкові спрацювання через такі речі, як дим від тостера, пар з душі та інше.

Порівняльний аналіз цих приладів показав, що: добре спроектована фотоелектрична сигналізація зазвичай перевершує іонізаційну сигналізацію у всіх пожежних ситуаціях, незалежно від типу та матеріалу і має менший відсоток «помилкових тривоги».

**Результати та обговорення./Results and discussion.** Авторами запропоновано універсальний оптично – електронний прилад, робота якого основана на фіксації продуктів горіння внаслідок спрацювання оптичної системи. Простота моделі і вихідних даних для її реалізації забезпечують високу результативність та надійність.

У корпусі пристрою розміщено світлодіод та фотоелемент, який має велику чутливість і спрацює при мінімальній концентрації диму. Для забезпечення економії енергії вони «не бачать» один одного, оскільки не знаходяться на одній оптичній осі. Світлодіод невеликої потужності випромінює вузьконаправлений пучок світла, під кутом 90° до якого встановлено фотоелемент, що працює в імпульсному режимі. Поки у повітрі немає диму, на фотоелемент не попадає світло і прилад не подає сигналу. Коли в корпус попадає дим, наприклад, від паління або задимлення об'єкту, випромінювання світлодіода, відображаючись від часточок диму, попадає на фотоелемент. Після цього сигнал поступає на систему управління (наприклад, реагування після декількох імпульсів або синхронізації зі світлодіодом), формується сигнал спрацювання, який може фіксуватися п'єзо випромінювачем або радіо модулем.

У порівнянні з відомими пристроями статичний струм живлення такого приладу значно менший і складає 4-5 мкА, при цьому один раз на 4 секунди струм досягає близько 25-35 мкА, а один раз в 45 секунд спалахує сигнальний світлодіод і струм підскакує до 150мкА. Середня площа дії такої системи знаходиться в межах 100 квадратних метрів. До переваг також слід віднести такі чинники: цінова доступність; швидкість реакції на появлення диму; простота установки та довговічність.

**Висновки./Conclusions.** Запропонований оптично – електронний прилад може визначати наявність диму за найменшими частками (від 0,01мкм ) продуктів згорання. Його можна встановити на стелі або на стіні від 20 до 25 см нижче стелі як у житлових так і у промислових приміщеннях. Великі площі необхідно забезпечувати декількома такими пристроями, попередньо розподіляючи їх на зони. Автори пропонують об'єднати їх у систему, яка буде керувати декількома об'єктам . Задані параметри визначаються настроюванням чутливості, оскільки оптичні спектри дозволяють виконувати прилади в широкому діапазоні значень.

**Література./ References**

1. Пожежна безпека в Україні. URL: <https://pro-op.com.ua/article/1013-roejna-bezpeka> (дата звернення: 04.01.2023).
2. ДСТУ EN 54-7:2004 Системи пожежної сигналізації. Частина 7. Словіщувачі пожежні димові точкові розсіяного світла, пропущеного світла або іонізаційні.

**CERTIFICATE**  
is awarded to  
**Bondarenko Nikita**  
for being an active participant in  
XI International Scientific and Practical Conference  
**“MODERN RESEARCH  
IN WORLD SCIENCE”**  
24 Hours of Participation  
(0,8 ECTS credits)

**LVIV**  
29-31 January 2023

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE  
MODERN RESEARCH IN WORLD SCIENCE  
SCI-CONF.COM.UA  
LVIV •  
29-31 JANUARY • ECTS

[sci-conf.com.ua](https://sci-conf.com.ua)