

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ
КАФЕДРА СИСТЕМ ІНФОРМАЦІЙНОГО ТА КІБЕРНЕТИЧНОГО ЗАХИСТУ

“ На правах рукопису”

УДК 654.924

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри СІКЗ

_____ Шуклін Г.В.

“ ____ ” _____ 2020 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

зі спеціальності 125 Кібербезпека

на тему: **МЕТОДИКА ОЦІНКИ ДОСТОВІРНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ
ПОРУШНИКА В СИСТЕМАХ ОБ’ЄКТОВО-ТЕРИТОРІАЛЬНОГО
ЗАХИСТУ**

Студент групи СЗДМ-61 Зозуля Сергій Анатолійович _____

(підпис)

Науковий керівник: д.т.н., Крючкова Лариса Петрівна _____

(підпис)

Нормоконтроль: Пшоннік Володимир Олександрович _____

(підп

Київ – 2020

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СІКЗ

к.т.н. ШуклінГ.В

“ ___ ” _____ 2019р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

студенту Зозулі Сергію Анатолійовичу

1. Тема роботи: Методика оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту, керівник Крючкова Лариса Петрівна, д.т.н., проф., затверджені наказом вищого навчального закладу від “14” листопада 2019 р. № 518.

2. Термін здачі студентом оформленої роботи “8” січня 2020 року.

3. Предмет дослідження: методика оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

4. Об'єкт дослідження: процес виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

5. Мета роботи: `розробка методики оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

6. Перелік питань, які мають бути розроблені:

1. Розглянути основні характеристики пасивних інфрачервоних сповіщувачів.

2. Розглянути діючі державні та міжнародні стандарти та методики проведення випробувань пасивних інфрачервоних сповіщувачів.

3. Проаналізувати критерії ефективності пасивних інфрачервоних сповіщувачів.

4. Розробити методику оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

5.Провести лабораторні дослідження за розробленою методикою оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

7. Перелік публікацій:

1. Крючкова Л.П., Пшоннік В.О., Зозуля С.А. Сигнали GPS як об'єкти радіоподавлення в задачах об'єктово–територіального захисту-Сучасний захист інформації-К:ДУТ, 2019.№1С53-8.

2. Лаптев О.А., Барабаш О.В., Зозуля С.А. Векторні аналізатори сигналів для удосконалення методики пошуку засобів негласного отримання інформації.Телекомунікаційні та інформаційні технології - науковий журнал.К.: ДУТ, 2019.№1, С55-61.

8. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Презентація виконана на 17 слайдахдля подання за допомогою оверхедів (світлопроекторів) та комп'ютерних засобів.

9. Дата видачі завдання“19” вересня 2019 р.

Керівник: Крючкова Лариса Петрівна _____

Завдання прийняв до виконання: Зозуля Сергій Анатолійович _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ З\П	Назва етапів магістерської роботи	Строквиконання етапів	Примітка
1	2	3	4
1	Уточнення постановки завдання	до 19.09.19 р.	Виконано
2	Аналіз літератури	до 01.10.19 р.	Виконано
3	Обґрунтування вибору рішення	до 09.10.19 р.	Виконано
4	Збір даних	до 10.10.19 р.	Виконано
5	Написання першого розділу роботи	до 21.10.19 р.	Виконано
6	Написання другого розділу роботи	до 01.11.19 р.	Виконано
7	Написання третього розділу роботи	до 29.11.19 р.	Виконано
8	Написання четвертого розділу роботи	до 19.12.19 р.	Виконано
9	Підготовка ілюстративного матеріалу	до 06.01.19 р.	Виконано
10	Отримання рецензій	до 10.01.20 р.	Виконано
11	Захист в ДЕК	14.01.2020 р.	

Студент

С.А. Зозуля

Науковий керівник

Л.П. Крючкова

АНОТАЦІЯ

В роботі розглянуто пасивний інфрачервоний сповіщувач, вживаний в системах територіально-об'єктового захисту в якості засобу виявлення порушника, умови та вимоги щодо проведення випробувань таких сповіщувачів згідно діючому державному стандарту, існуючій методикі оцінки ефективності їх функціонування. На основі отриманих даних розроблено нову методику, проведено експериментальні дослідження і зроблено відповідні висновки.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, що містять 28 рисунків, 7 таблиць, висновків та списку використаних джерел, що містить 20 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 88 аркушів.

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрен пассивный инфракрасный извещатель, использующийся в системах территориально-объектовой защиты в качестве средства обнаружения нарушителя, изучены условия и требования относительно проведения испытаний таких извещателей согласно действующему государственному стандарту, проанализированы существующие методики оценки эффективности их функционирования. На основании полученных данных разработана новая методика, проведены экспериментальные исследования и сделаны соответствующие выводы.

Работа состоит из введения, четырех глав, содержащих 28 рисунков, 7 таблиц, заключения и списка использованной литературы, содержащего 20 наименований. Общий объем работы составляет 88 листов.

ANNOTATION

In this work the passive infrared detector, used in systems of territory and object defence as means of discovery of violator, conditions and requirements to testing of such detectors according to national standard are considered, existing methodologies of estimation of efficiency of their functioning is conducted. On the basis of the obtained data, the new methodology was developed, experimental researches were undertaken, corresponding conclusions were done.

The work consists of an introduction, four chapters containing 28 drawings, 7 tables, conclusions and a list of sources used, containing 20 titles. The total amount of work is 88 pages.

РЕФЕРАТ

Магістерська робота присвячена методиці оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту. В роботі розглянуто державний та міжнародні стандарти, умови та вимоги щодо проведення випробувань таких сповіщувачів згідно діючому державному стандарту. Проведено дослідження існуючих критеріїв ефективності та методикооцінки ефективності функціонування ПЧ сповіщувачів.

Як заключеннямагістрської роботи було розроблено методику оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту та проведено експериментальні дослідження.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, що містять 28 рисунків, 7 таблиць, висновків та списку використаних джерел, що містить 20 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 88 аркушів.

Об'єктом дослідження в роботі є процес виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

Предмет дослідження – методика оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту. Мета роботи – побудова методики оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту

Як результат у роботі виконано аналіз наявних критеріїв ефективності функціонування ПЧ сповіщувачів, досліджено існуючі методики оцінки ефективності. На основі виконаних досліджень розроблена методика оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту та надано рекомендації щодо оцінки ефективності функціонування ПЧ сповіщувачів.

Галузь застосування: результати досліджень можуть використовуватись в розробці нових методик оцінки ефективності функціонування ПЧ сповіщувачів,

при створенні засобів виявлення, а також при проектуванні систем об'єктово-територіального захисту.

Ключові слова: Пасивний інфрачервоний сповіщувач, ПЧ сповіщувач, методика, діаграма спрямованості, зона виявлення, достовірність виявлення.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1. ПАСИВНІ ІНФРАЧЕРВОНІ СПОВІЩУВАЧІ. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	13
1.1 Аналіз основних характеристик ППЧ сповіщувачів.....	13
1.2 Оптична система.....	15
1.3 Діаграма спрямованості.....	17
1.4 Піроелектричний детектор.....	20
1.5 Схема та алгоритми обробки сигналів у ППЧ сповіщувачах.....	23
РОЗДІЛ 2. ДЕРЖАВНІ ТА МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ	29
2.1 Національний стандарт України ДСТУ EN 50131-2-2:2019.....	29
2.2 Методика проведення досліджень згідно ДСТУ EN 50131-2-2:2019.....	36
2.3 Стандарт США.....	42
2.4 Методика проведення досліджень згідно стандарту США.....	44
2.5 Критерії ефективності функціонування ППЧ сповіщувачів.....	45
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЬ ПОРУШНИКА В СИСТЕМАХ ОБ'ЄКТОВО-ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТА	51
3.1 Модель порушника	51
3.2 Термограма порушника.....	59
3.3 Аналіз розподілу потужності теплового випромінювання тілом порушника.....	62
3.4 Маскування ІЧ випромінювання	64
3.5 Вплив характеру руху порушника на імовірність його виявлення	67
3.6 Вплив зниження рівня ІЧ випромінювання порушника на імовірність виявлення.....	71

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ДОСТОВІРНОСТІ ВІЯВЛЕННЯ ПОРУШНИКА ПІЧ СПОВІЩУВАЧАМИ В СИСТЕМАХ ОБ'ЄКТОВО-ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ	76
4.1 Розробка методики оцінки достовірності виявлення порушника ПІЧ сповіщувачами в СОТЗ.....	76
4.2 Умови проведення лабораторних досліджень	78
4.3 Результати лабораторних досліджень експериментальних зразків ПІЧ сповіщувачів	80
ВИСНОВКИ.....	86
Список використаних джерел.....	87

ВСТУП

Ефективність технічних систем об'єктово-територіального захисту (СОТЗ) на об'єктах інформаційної діяльності (ОІД), як одного з основних елементів захисту інформації значною мірою залежить від характеристик засобів виявлення, що входять до складу вказаної СОТЗ, і зокрема, від достовірності виявлення ними несанкціонованих дій порушників. До таких дій відноситься незаконне проникнення (НП) на ОІД, що захищається.

Одним з найважливіших аспектів завдань, пов'язаних з побудовою СОТЗ на ОІД - забезпечення достовірного виявлення порушника, що необхідно для досягнення належного рівня технічного захисту систем і об'єктів формування і надання користувачам інформаційних ресурсів, а це неможливо без відповідних засобів виявлення НП, які є невід'ємними складовими будь-якої СОТЗ на ОІД. Основною характеристикою, що визначає ефективність того або іншого засобу виявлення, являється достовірність виявлення [1]. Нині найпоширенішими засобами виявлення, які використовуються у СОТЗ на ОІД, є пасивний інфрачервоний (ПІЧ) сповіщувач. Вимоги до таких сповіщувачів встановлені у

відповідних державних стандартах [2]. Проте стандарт передбачає вимоги для виявлення вказаними сповіщувачами руху порушника в умовах (напрямки руху і т.д.), які є більш сприятливі для ППЧ сповіщувачів з точки зору достовірності виявлення. В той же час, очевидне те, що в реальній ситуації при НП порушник, особливо підготовлений, може рухатись по об'єкту інформаційної діяльності у будь-яких напрямках, у тому числі вибираючи найуразливіші для ППЧ сповіщувача.

Об'єктом дослідження є процес виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

Предметом дослідження є методика оцінки достовірності виявлення порушника ППЧ сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

Метою роботи є розробка методики оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

Для досягнення поставленої мети вирішено наступні задачі:

1. Розглянути основні характеристики пасивних інфрачервоних сповіщувачів.
2. Розглянути діючі державні та міжнародні стандарти та методики проведення випробувань пасивних інфрачервоних сповіщувачів.
3. Проаналізувати критерії ефективності пасивних інфрачервоних сповіщувачів.
4. Розробити методику оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.
5. Провести лабораторні дослідження за розробленою методикою оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

РОЗДІЛ 1. ПАСИВНІ ІНФРАЧЕРВОНІ СПОВІЩУВАЧІ. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

1.1 Аналіз основних характеристик ПЧ сповіщувачів.

ПЧ сповіщувачі, відомі також як оптико-електронними сповіщувачі, відносяться до класу засобів виявлення руху і реагують на зміну інтенсивності випромінювання, що потрапляє на піроелектричний детектор сповіщувача. Принцип дії вказаних сповіщувачів ґрунтується на реєстрації зміни у часі різниці між інтенсивністю інфрачервоного (ІЧ) випромінювання об'єкту, що рухається, і відповідною інтенсивністю ІЧ випромінювання фонові температури.

Необхідною умовою для формування тривожного сигналу ПЧ сповіщувачем являється зміна рівня ІЧ випромінювання у контрольованій зоні, викликане переміщенням джерела такого випромінювання. При цьому, якщо поверхнева температура порушника, що скоїв незаконне проникнення (НП) у вказану контрольовану зону, повністю співпадає з температурою фону в приміщенні, що охороняється, то виявлення такого об'єкту ПЧ сповіщувачем неможливо.

На рисунку 1.1 показана узагальнена структурна схема, що ілюструє принцип дії ПЧ сповіщувача [3].

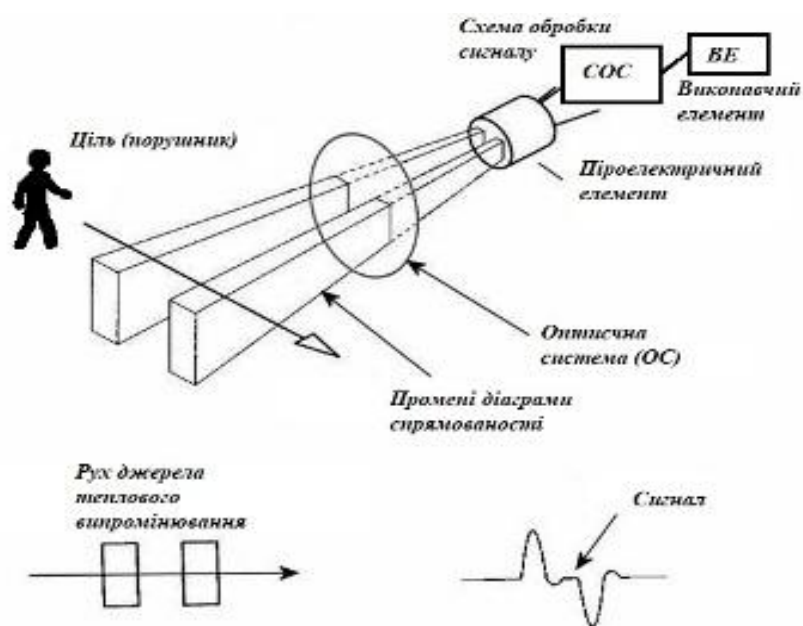


Рис 1.1 Узагальнена структурна схема ПЧ сповіщувача

Зокрема, на рисунку 1.1 схематично показана конструкція ПЧ сповіщувача, до складу якого входять: оптична система (ОС), яка фокусує інфрачервоне випромінювання, у тому числі від порушника, з обмеженої діаграмою спрямованості (ДС) області на піроелектричний елемент (ПЕ), який перетворює реєстроване ним ПЧ випромінювання в електричний сигнал, який далі піддається обробці в схемі обробки сигналу (СОС) відповідно до заданого алгоритму, а також виконавчий елемент (ВЕ), який відповідальний за "прийняття" ПЧ сповіщувачем рішення про формування тривожного сигналу або сповіщення на підставі результатів обробки сигналу в СОС.

До провідних підприємств по розробці і виробництву СОТЗ на ОІД, у тому числі ПЧ сповіщувачів, що займають лідируючі позиції у світі можна віднести ті, що вказані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Провідні зарубіжні виробники ПЧ сповіщувачів

Виробник	Країна
Bosch Security Systems	Німеччина
Crow Electronic Engineering Ltd.	Ізраїль
Digital Security Controls	Канада
GSN Electronic Company Ltd.	Ізраїль
Honeywell	США
KMT Co., Ltd.	Корея
OPTEX CO., Ltd.	Японія

Варто відмітити, що зарубіжними фахівцями в області систем безпеки при проектуванні СОТЗ в якості основного засобу виявлення порушника найчастіше застосовуються сповіщувачі з ПЧ каналом виявлення, тому зарубіжні виробники особливу увагу приділяють розробці і виробництву як сповіщувачів, що мають поодинокий ПЧ канал виявлення руху, так і сповіщувачів комбінованого типу, у

яких ПЧ канал виявлення руху скомбінований з каналом іншого фізичного принципу дії, наприклад, радіохвильовий або ультразвуковий.

Попри те, що під характеристиками ПЧ сповіщувача слід розуміти кілька десятків параметрів, не всі з них являються значимими для вибору необхідного засобу виявлення при розробці СОТЗ на ОІД. Іншими словами, не усі характеристики ПЧ сповіщувача є вагомими з точки зору його ефективності. На підставі короткого опису принципу роботи ПЧ сповіщувачів, в якості основних компонентів конструкції можна виділити:

а) оптичну систему, що фокусує ПЧ випромінювання на піроелектричний детекторі і визначає форму, структуру і розміри ДС;

б) піроелектричний детектор, що перетворює реєстроване ним ПЧ випромінювання в електричний сигнал;

в) схему обробки сигналу від піроелектричного детектора.

Отже, основними характеристиками ПЧ сповіщувачів, у тому числі що істотно впливають на імовірність виявлення сповіщувачем цілі (порушника) являються:

а) форма і розміри ДС;

б) тип піроелектричного детектора;

в) вживаний в сповіщувачі алгоритм обробки сигналу, згенерованого піроприймачем.

1.2 Оптична система.

Нині в ПЧ сповіщувачах використовуються два основні типи оптичних систем - дзеркальні ОС і рефракції ОС, наприклад, складні складені лінзи Френеля [4].

У ПЧ сповіщувачах з ОС першого типу ПЧ випромінювання проходить через захисний фільтр, призначений для захисту від засвічення сонячним світлом, що також являється і елементом корпусу сповіщувача, відбивається від дзеркала і потрапляє на піроелектричний детектор. При цьому виконане у формі єдиного

цілого дзеркало по суті складається з безлічі окремих дзеркал, кожне з яких формує відповідний промінь ДС і фокусує ІЧ випромінювання, що потрапляє в такий промінь на піроприймач.

Однією з переваг дзеркальної оптики перед лінзою Френеля є те, що в дзеркальній ОС можна легко отримати різні фокусні відстані для ближніх, середніх і дальніх зон (променів) ДС. Іншими словами, дзеркальна ОС дозволяє забезпечити фокусні відстані, що у декілька разів відрізняються між собою для ближніх і дальніх зон ДС, що конструктивно неможливо забезпечити в ОС на основі лінзи Френеля. Таким чином, дзеркальна ОС забезпечує однакову проекцію цілі на піроприймач незалежно від відстані, на якій порушник (ціль) рухається відносно ПЧ сповіщувача.

Іншою перевагою є те, що дзеркальна ОС забезпечує велику точність фокусування і, отже, чутливість, що дозволяє забезпечити можливість виявлення порушника на великих відстанях. Вказані переваги обумовлені тим, що в сповіщувачах з дзеркальною ОС чутливі зони (промені) перетинаються у вхідному вікні, яке може бути виготовлене набагато менших розмірів, ніж лінза Френеля, у разі якої уся лінза цілком і є вхідним вікном ОС. Внаслідок чого, вплив перешкод, таких як, наприклад, сонячне світло, вітер або повітряні потоки, на таке вхідне вікно зменшено, а дію вищезгаданих перешкод при цьому легше компенсувати, а у ряді випадків і зовсім не потребує компенсації.

Лінзи Френеля виготовляють з прозорого для ІЧ випромінювання матеріалу - поліетилену, а їх структура, як правило, нагадує фасеточний орган зору комах. У ПЧ сповіщувачах, що використовують як ОС таку лінзу, ІЧ випромінювання проходить через останню і фокусується безпосередньо на піроприймачі. Для формування ДС така лінза має складну структуру, її роблять сегментованою, тобто складається з безлічі сегментів, розділених, у свою чергу, на ще дрібніші сегменти, кожен з яких формує ДС відповідного розміру і просторової орієнтації. Головними перевагами цього типу ОС є можливість організації їх серійного виробництва, простота у виготовленні і обробці. Другорядною перевагою лінз рефракцій Френеля перед дзеркальними ОС являється нижча собівартість.

Принцип дії кожної з вказаних ОС наочно проілюстрований нижче. Так, на рисунках 1.2 (а, б) схематично показані ПЧ сповіщувачі, що містять в якості ОС - дзеркало і лінзу Френеля, відповідно. При цьому можна відмітити те, що незважаючи на різні розміри вхідного вікна, в сповіщувачах з обома ОС забезпечується приблизно однаковий сектор, з якого ІЧ випромінювання фокусується на піроприймач.

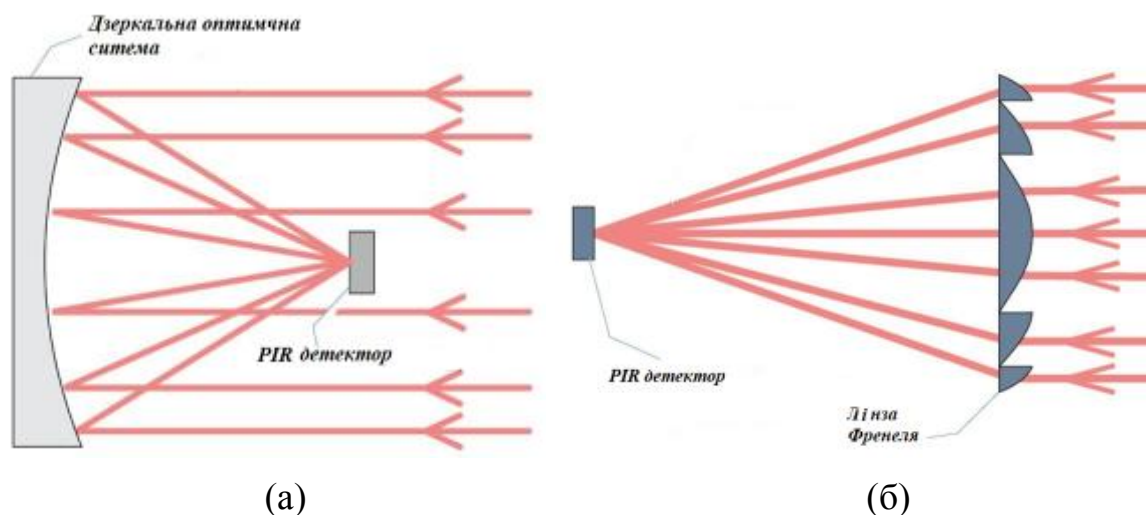


Рис. 1.2 – Дзеркальна оптична система (а) та рефракційна оптична система (б)

Крім того, існують ПЧ сповіщувачі з комбінованою ОС. У таку ОС інтегровані відразу і дзеркальна, і рефракційна ОС. Вказані сповіщувачі володіють перевагами відразу обох типів систем. Зокрема, лінза Френеля використовується для формування променів ДС на середніх відстанях, а дзеркало - для формування променів ближньої зони, розташованої безпосередньо під самим сповіщувачем, а також для формування променів ДС дальніх зон.

1.3 Діаграма спрямованості.

У стандарті ДСТУ EN 50131-2-2:2019 визначення ДС не наводиться, проте в загальному випадку для ПЧ сповіщувачів ДС є графічним відображенням зон, ІЧ випромінювання з яких фокусується на піроприймач сповіщувача. Таким чином, за рахунок ОС формується контрольована ПЧ сповіщувачем зона ОІД. За рахунок сегментованості ОС сповіщувача формована нею ДС також є сегментованою. Зокрема, ДС роблять сегментованою в горизонтальній площині, тобто увесь сектор

ДС розбивається на окремі промені, кожен з яких складається з такого числа сегментів, скільки піроелементів є в піроприймачі сповіщувача. Крім того, для того, щоб ПЧ сповіщувач міг виявляти ціль, що рухається по центру променя, в межах одного сегменту променя або строго між променями ДС, останню роблять сегментованою у вертикальній площині, тобто створюють декілька рубежів.

Кут огляду ДС у більшості сучасних ПЧ сповіщувачів складає близько 90° . При встановленні сповіщувача в кутку приміщення, таким чином, контролюватиметься велика частина усього його об'єму. Більший кут, наприклад в $120-180^\circ$, не є перевагою, оскільки в цьому випадку зростає площа поверхні, з якої сповіщувач сприймає ІЧ випромінювання, у тому числі і природний шумовий фон. Це приводить до зростання шумів і зниження відношення корисний сигнал/шум, оскільки рівень теплового випромінювання цілі залишається тим же. Кут менше 90° погіршує можливість перекриття ДС усього об'єму приміщення, проте, ДС з таким кутом огляду успішно застосовуються, наприклад, в ПЧ сповіщувачах коридорного типу.

Бажано, щоб лінійні розміри поперечного перерізу одного сегменту променя ДС були порівнянними з розмірами середньої людини (порушника) по всій контрольованій ПЧ сповіщувачем зоні. Це необхідно для забезпечення достатнього часу накопичення заряду в чутливому до ІЧ випромінювання елементі детектора, а також для того, щоб уникнути одночасного перекриття порушником, щонайменше, двох сегментів одного променя ДС.

До основних типів ДС відносяться:

а) ширококутна або об'ємна ДС (в силу широкого кута огляду ДС, сповіщувач з таким типом ДС характеризується нерівномірною по площі контрольованої зони чутливістю, проте такі сповіщувачі забезпечують широкий кутогляд, що іноді потрібне);

б) коридорна або лінійна ДС (як впливає з назви, сповіщувачі з таким типом ДС призначені для установки у вузьких і протяжних приміщеннях, забезпечуючи при цьому високу надійність виявлення порушника, що рухається як уперек, так і уздовж променів ДС);

в) вертикальний бар'єр або завіса типу "штора" (така ДС є єдиним "щитом", в якому відсутні "вікна"; сповіщувачі з таким типом ДС доцільно встановлювати в отворах, наприклад, віконних або дверних);

г) горизонтальна «штора» (сповіщувачі з таким типом ДС встановлюються на порівняно невеликій висоті відносно рівня підлоги, при цьому промені ДС проходять паралельно підлозі, тобто такий сповіщувач формує ДС на певній висоті відносно підлоги, тим самим забезпечуючи захист від хибних спрацьовувань, викликаних переміщенням, наприклад, домашніх тварин);

д) кругова ДС (складається з конусоподібних груп променів; сповіщувачі з таким типом ДС встановлюють на стелі, а перевагою таких сповіщувачів є менша кількість, і менший розмір тіньових зон, обумовлених наявністю в приміщенні меблів і інших предметів).

На рисунку 1.3 наведений приклад стандартної об'ємної ДС, що має декілька рубежів виявлення, а саме - чотири.

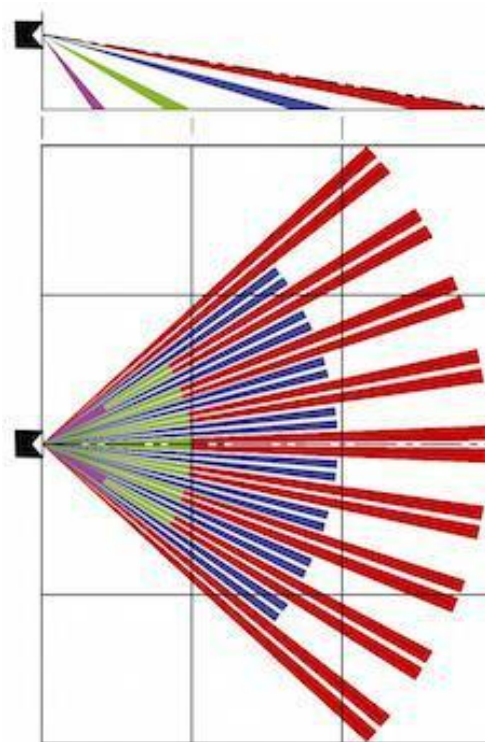


Рис. 1.3 – Об'ємна ДС ПЧ сповіщувача

У верхній частині рисунка 1.3 показана структура ДС у вертикальній площині, а в нижній - в горизонтальній площині.

1.4 Піроелектричний детектор

Основною ланкою у ПЧ сповіщувачі являється піроелектричний детектор, що є фотоелементом, надчутливим до ІЧ випромінювання. ОС сповіщувача фокусує ІЧ випромінювання на вказаний елемент, що генерує електричний сигнал такої величини, яка прямо пропорційна величині ІЧ випромінювання, що потрапляє на нього. За рахунок своєї підвищеної чутливості до ІЧ випромінювання, піроприймач здатний зареєструвати різницю у декілька десятих градуса між температурами відстежуваного об'єкту (наприклад, тілом людини) і фону.

Тверді тіла, температура яких вища за температуру абсолютного нуля, є джерелами електромагнітного випромінювання в ІЧ області спектру. Чутливий матеріал піроелектричного детектору сприйнятливий до випромінювання в широкій смузі частот починаючи з видимого діапазону і закінчуючи випромінюванням з довжиною хвилі більше 100 мкм. Людське тіло випромінює тепло, максимум якого досягається на довжині хвилі приблизно 9,36 мкм. Тому в піроприймачах для ПЧ сповіщувачів застосовуються оптичні фільтри 5-14 мкм.

Окрім фільтру, піроелектричний детектор включає такі компоненти як чутливий елемент (ЧЕ) і передпідсилювач [5]. ЧЕ складається з тонкої піроелектричної мікросхеми, яка охоплена електродами. В деяких випадках застосовується поглинаюча плівка перед ЧЕ для збільшення його поглинаючої здатності.

ЧЕ піроприймача виготовляють з пірочутливого матеріалу, в якості якого, як правило, використовують танталат літію (LiTaO_3), керамічний танталат свинцю (PbTaO_3), полівінілоденфторид (PVDF, від англ. Polyvinylidene Fluoride), та ін. [6].

На рисунку 1.4 схематично показані зовнішній вигляд піроелектричного детектора, його конструкція і принципова схема.

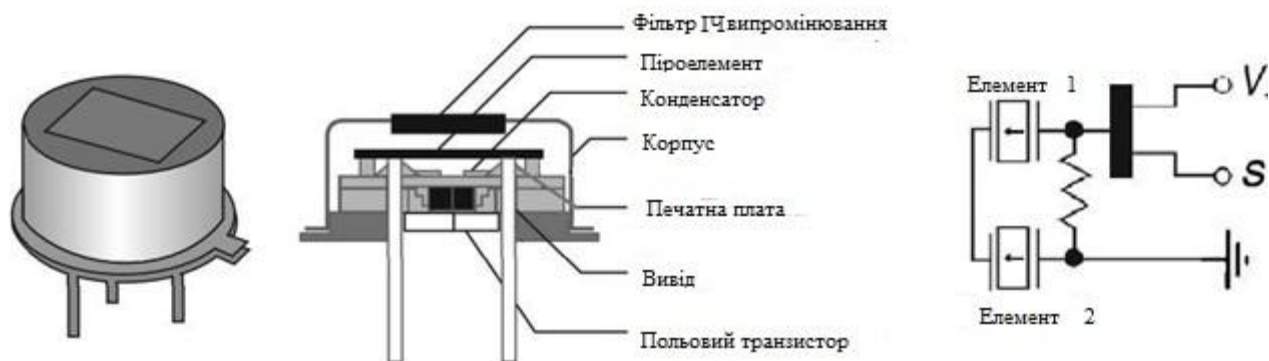


Рис. 1.4 – Зовнішній вигляд піроелектричного детектора

Падаючий на піроприймач потік випромінювання проходить через ІЧ фільтр і потрапляє на ЧЕ з визначеними площею і коефіцієнтом поглинання. Поглинений потік випромінювання призводить до зміни температури усередині піроелектричного матеріалу. Піроелектричний ефект створює заряд на електродах, а далі цей заряд перетворюється в сигнал напруги S [5].

У ПЧ сповіщувачах зазвичай використовують піроприймачі з декількома чутливими до ІЧ випромінюванню елементами. Це пов'язано з тим, що поодинокий піроелемент однаковою мірою реагує на будь-яку зміну реєстрованого ним ІЧ випромінювання, тобто температури, незалежно від того, чим воно викликане - людським тілом або, наприклад, обігрівом приміщення, що неминуче призводить до підвищення кількості хибних тривожних сигналів.

В якості основних типів піроприймачів можна виділити наступні :

а) з одним піроелементом; у ПЧ сповіщувачах практично не застосовуються. Як випливає з назви, такі піроприймачі мають тільки один чутливий до ІЧ випромінювання елемент, внаслідок чого добре підходять для завдань, незв'язаних з виявленням руху, наприклад, для виявлення полум'я та дистанційного виміру температури об'єктів. Окрім цього, вони мають високу стійкість до різкої стрибкоподібної зміни температури довкілля і до дії радіочастотних перешкод [8];

б) зі здвоєними піроелементами; мають широке застосування в ПЧ сповіщувачах. У диференціальній схемі таких піроприймачів робиться віднімання сигналу одного піроелемента з іншого, що дозволяє істотно зменшити перешкоди, пов'язані зі зміною температури фону, а також помітно понизити вплив світлових і

електромагнітних перешкод. Сигнал від людини, що рухається, виникає на виході здвоєного піроелемента тільки при перетині людиною променя зони чутливості ДС і є майже симетричним двополярним сигналом, близьким за формою до періоду синусоїди. Сам промінь для здвоєного піроелемента з цієї причини розщеплюється в горизонтальній площині на два;

в) зі зчетвереними піроелементами; також мають широке застосування в ППЧ сповіщувачах. Конструктивно це два здвоєних піроприймача, розташованих в одному корпусі (зазвичай розміщуються один поряд з одним, утворюю при цьому форму прямокутника). Застосовуються з метою додаткового зниження кількості хибних тривожних сповіщень. Радіуси спостереження цих піроприймачів робляться різними, і тому локальне теплове джерело помилкових спрацювань не спостерігатиметься в обох піроприймачах одночасно. При цьому геометрія розміщення піроприймачів і схема їх включення вибирається так, щоб сигнали від людини були протилежної полярності, а електромагнітні завади викликали сигнали в двох каналах однакової полярності, що призводить до пригнічення і цього типу перешкод;

г) з імунітетом до тварин, тобто такий піроприймач має знижену до певної міри чутливість до змін рівня ІЧ випромінювання на невеликій від підлоги приміщення висоті. Як правило, такі піроприймачі призначені для використання в приміщеннях, де можуть знаходитися тварини, маса яких не перевищує приблизно 35 кг, що еквівалентно, в середньому, одному великому собаці;

д) з піроелементами, що мають переплетену геометрію. Наприклад, кожен ЧЕ такого піроприймача може складатися з двох S-подібних елементів, один з яких дзеркально відбитий від іншого і повернений відносно нього на 180° , при цьому обидва вказані елементи геометрично замкнуті між собою. Така складна форма піроелементів забезпечує більшу ефективність виявлення і поле огляду сповіщувача на більшій відстані порівняно із стандартними піроприймачами зі зчетвереними ЧЕ, оскільки останні після досягнення своєї максимальної дальності покриття втрачають свою ефективність, оскільки порушник на великій дистанції не зможе одночасно перетинати формовані пари променів.

1.5 Схема та алгоритми обробки сигналів у ПЧ сповіщувачах

Принцип і алгоритм роботи цього компонента конструкції ПЧ сповіщувача безпосередньо визначають умови, виконання яких формує сигнал тривоги у відповідь на вторгнення порушника в контрольовану зону.

Внаслідок того, що в ПЧ сповіщувачах піроприймач має можливість реєструвати між ціллю (порушником) і фоном температурну різницю декілька десятих градуса Цельсія, то вкрай важливою є відповідна обробка формованого піроприймачем сигналу. Під вказаною обробкою по суті слід розуміти розпізнавання корисного сигналу, що характеризує рух цілі, і сигналу (перешкод), який заважає, що характеризують фон.

Вказане розпізнавання блоком обробки корисного сигналу на фоні завад ґрунтовано на аналізі параметрів сигналу на виході піроприймача. До таких параметрів відносяться: величина, форма і тривалість сигналу. При цьому варто відмітити, що корисний сигнал від об'єкту, що перетинає промінь ДС ПЧ сповіщувача, є майже симетричний двополярний сигнал, тривалість якого залежить від швидкості руху об'єкта, відстані від об'єкта до сповіщувача, ширини променя ДС, який перетинається. Що стосується завадових сигналів, то вони, навпаки, у більшості своїй є несиметричними або такими, що мають відмінну від корисних сигналів тривалість і форму.

За принципом роботи схеми обробки сигналу все ПЧ сповіщувачі можна розділити на дві основні групи :

а) ті, що стежать за кількістю імпульсів, величина яких перевищує задане порогове значення (метод підрахунку імпульсів або пороговий метод). Цей принцип може бути реалізований як за допомогою аналогової, так і за допомогою цифрової обробки сигналу, і застосовується в найбільш бюджетних моделях сповіщувачів;

б) ті, що окрім величини сигналу також аналізують його форму і тривалість (багатопараметричний метод обробки сигналу). Цей принцип реалізується за допомогою первинного аналого-цифрового перетворення і подальшої цифрової

обробки, застосовується в моделях сповіщувачів середнього і верхнього цінового діапазону.

На рисунку 1.5 схематично зображена схема, призначена для реалізації в ПЧ сповіщувачі вищезгаданого порогового методу обробки сигналу.

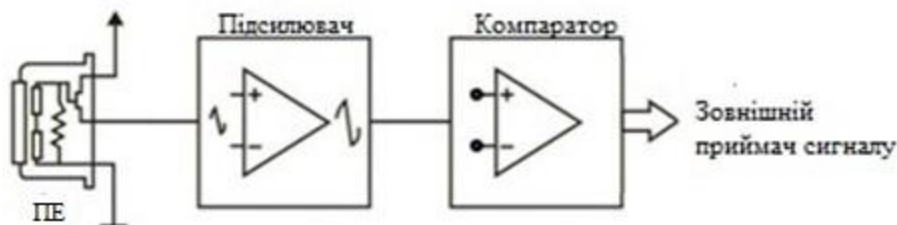


Рис. 1.5 – Блок-схема схеми обробки сигналу в ПЧ сповіщувачі

На рисунку 1.6 зображена схема, призначена для реалізації в ПЧ сповіщувачі багатопараметричного методу обробки сигналу.

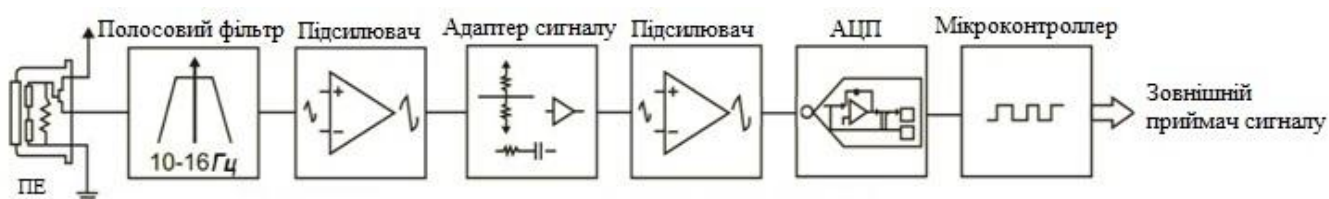


Рис. 1.6 – Блок-схема схеми обробки сигналу в ПЧ сповіщувачі

В силу існування широкого спектру виробників ПЧ сповіщувачів, багато хто з них має свої власні модифікації вказаних методів, на основі яких реалізується безліч різних, як правило - запатентованих, алгоритмів обробки сигналів [9,10]

У роботі [11] показано, що рух різних по масі і розмірам об'єктів формує на виході піроприймача ПЧ сповіщувача сигнали, що помітно відрізняються один від одного. Приклади таких сигналів при тангенціальному напрямі руху, а також їх відповідність умовним величинам П1 і П2 порогових значень напруги U , показані на рисунку 1.7.

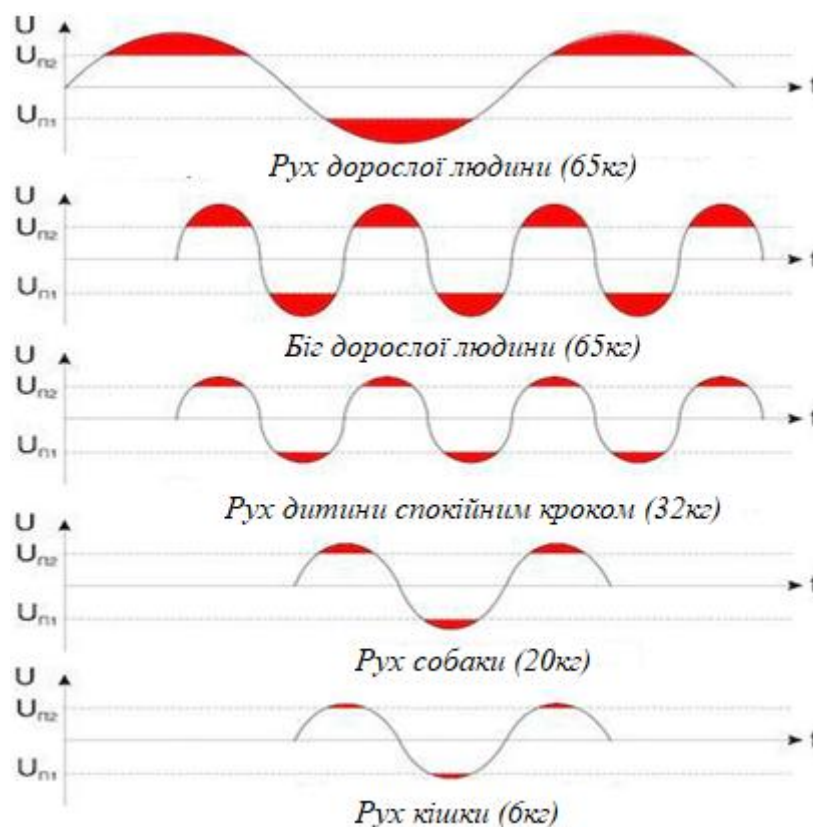


Рис. 1.7 – Відмінності між величиною і тривалістю сигналів, сформованих на виході піроприймача різними об'єктами.

Таким чином, для цілей коректної роботи ППЧ сповіщувача, тобто виявлення ним виключно НП порушника потрібна спеціальна обробка отриманого на виході піроприймача сигналу, яка дозволить точно (з мінімальною імовірністю формування хибного тривожного сигналу або ж пропуску цілі) визначати факт згаданого НП.

Існуючі на сьогодні алгоритми обробки сигналів в ППЧ сповіщувачах можна класифікувати за характером виконуваних дій на декілька основних типів:

а) алгоритм порогового порівняння - це порівняння величини або тривалості реєстрованого сигналу із заданим пороговим значенням, яке визначає чутливість сповіщувача і впливає на кількість хибних тривожних сигналів. Сповіщення про тривогу формується тоді, коли вказані величини перевищують задані порогові значення;

б) алгоритм підрахунку імпульсів - це фіксація аналоговим або цифровим способом кількості перевищення реєстрованим сигналом заданих порогів

формування тривожного сповіщення. Лічильник градується на задане число імпульсів, необхідних для видачі тривожного сигналу сповіщувачем в заданому інтервалі часу. Сповіщення про тривогу формується у разі фіксації заданого числа імпульсів, значення яких перевищує задане порогове;

в) алгоритм знаків, що чергуються - це підрахунок імпульсів реєстрованого сигналу, полярність яких протилежна. Сповіщення про тривогу формується логічною схемою сповіщувача у разі, коли сигнал послідовно перетинає заданий рівень з протилежним знаком, тобто " + - " або " - + ";

г) алгоритм підрахунку послідовностей імпульсів - це підрахунок груп імпульсів, що мають протилежну полярність. Сповіщення про тривогу формується у разі фіксації, щонайменше, однієї заданої послідовності імпульсів, наприклад " - + - + - + " або " + - + - + - ", впродовж встановленого часу;

д) алгоритм аналізу частоти імпульсів (т.з. виявлення по незалежних плаваючих порогах) - це встановлення низького значення порогу спрацьовування усередині частотного діапазону корисного сигналу і більш високого значення порогу спрацьовування поза цим частотним діапазоном. Сповіщення про тривогу формується лише при здійсненні руху в межах контрольованої зони, що породжує електричний сигнал заданої частоти;

е) алгоритм комплексного аналізу параметрів сигналу - це виявлення в зареєстрованому сигналі таких імпульсів або їх послідовностей, які характерні для руху певним чином людини в межах зони виявлення. Цей тип алгоритмів обов'язково вимагає наявності в схемі сповіщувача мікропроцесора, за допомогою якого здійснюються обробка і оцінка таких параметрів сигналу, як пікове значення, тривалість, полярність, форма, швидкість наростання, температура і багато інших. На відміну від порогових типів алгоритмів, в основі логіки прийняття рішень цього типу алгоритмів лежить принцип визначення істинності присутності будь-якого руху по співвідношеннях між численними параметрами. Сповіщення про тривогу формується у разі, коли зареєстрований сигнал відповідає встановленому критерію руху. Цей тип алгоритмів забезпечує найбільш ефективне відсіювання теплових і радіочастотних завад.

В усіх алгоритмах, що застосовують підрахунок імпульсів, реалізована умова: якщо впродовж певного часу після першого імпульсу загальне число імпульсів не досягає заданого значення, то лічильник обнуляється/скидається і рахунок починається наново.

Крім того, перелічені вище алгоритми можуть бути адаптивними, тобто мати можливість аналізувати дані, що входять, і робити внутрішні регулювання, наприклад зміну порогу чутливості сповіщувача в залежності від температури повітря в приміщенні [5]. Функція адаптивності потрібна у випадках, коли температурний контраст між фоном і ціллю мінімальний.

У алгоритми обробки сигналів можуть бути також інтегровані додаткові функції, такі як стійкість (іmunітет) до руху домашніх тварин, до зовнішнього засвічення, функція антимакування, автоматична температурна компенсація та інші.

Також варто відмітити, що наведені вище алгоритми обробки можуть реалізовуватися аналоговими, цифровими або комбінованими засобами. У сучасних ПЧ сповіщувачах все ширше починають використовуватися методи цифрової обробки з використанням спеціалізованих мікроконтролерів з АЦП і сигнальних процесорів, що дозволяє проводити детальну обробку тонкої структури сигналу для кращого виділення його на тлі перешкод. Останніми роками на ринку засобів виявлення значну частину займають ПЧ сповіщувачі, в схемі обробки сигналу яких взагалі не використовуються аналогові елементи.

Метою магістерської роботи є розробка

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розглянути діючі державні та міжнародні стандарти та методики проведення випробувань пасивних інфрачервоних сповіщувачів.
2. Проаналізувати критерії ефективності пасивних інфрачервоних сповіщувачів.
4. Розробити методику оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

5. Провести лабораторні дослідження за розробленою методикою оцінки достовірності виявлення порушника пасивними інфрачервоними сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

РОЗДІЛ 2. ДЕРЖАВНІ ТА МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ

2.1 Національний стандарт України

Національний стандарт України ДСТУ EN 50131-2-2:2019 [2] (EN 50131-2-2:2017, IDT) Системи тривожної сигналізації. Системи охоронної сигналізації. Частина 2-2. Сповіщувачі охоронні пасивні інфрачервоні вступив у дію 1.08.2019р. та замінив EN 50131-2-2:2012 [11]. Цей стандарт є тотожним перекладом EN 50131-2-2:2017 IDT Alarm systems. Intrusion and hold-up systems. Part 2-2: Intrusion detectors. Passive infrared detectors, і був також розроблений, і продовжує підтримуватися Європейським комітетом електротехнічної стандартизації CENELEC (від фр. Comité Européen de Normalisation Électrotechnique), що створений у 1973 році і відповідає за стандартизацію і сертифікацію в області електротехніки. Вказаний стандарт має статус міжнародного, оскільки країнами-учасниками комітету CENELEC являються наступні держави: Австрія, Бельгія, Болгарія, Угорщина, Німеччина, Франція, Швейцарія, Греція, Данія, Ірландія, Ісландія, Іспанія, Італія, Кіпр та багато інших країн.

Цей стандарт стосується пасивних інфрачервоних сповіщувачів, що встановлюються в будівлях, та визначає класи безпеки від 1 до 4 (згідно EN 50131-1), специфічних або неспецифічних провідних або безпровідних сповіщувачів, використовує кліматичну класифікацію від I до IV (згідно EN 50130-5). Даний стандарт не містить вимог до пасивних інфрачервоних сповіщувачів, які призначені для зовнішнього використання.

Класифікація ПІЧ сповіщувачів залежить від їх можливостей протидії різним рівням ризиків :

- а) низький ризик (клас 1);
- б) низько-середній ризик (клас 2);
- в) середньо-високий ризик (клас 3);
- г) високий ризик (клас 4).

Основний критерій, за яким здійснюється класифікація сповіщувачів - обробка подій. Сповіщувачі повинні обробляти події згідно таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Події, що обробляються відповідно до класів безпеки

Подія	Клас безпеки			
	1	2	3	4
Виявлення проникнення	Об	Об	Об	Об
Виявлення несанкціонованого втручання	НОб	Об	Об	Об
Виявлення маскуваня	НОб	НОб	Об	Об
Значне скорочення протяжності зони	НОб	НОб	НОб	Об
Низька напруга живлення	НОб	НОб	Об	Об
Загальна втрата електроживлення	НОб	Об	Об	Об
Локальний самоконтроль	НОб	НОб	Об	Об
Дистанційний самоконтроль	НОб	НОб	НОб	Об
Об=обов'язково НОб=необов'язково				

Сповіщувачі формують сигнали або сповіщення як показано в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Формування сигналів або сповіщень

Подія	Сигнали або сповіщення		
	Проникнення	Втручання	Несправність
Подія відсутня	НД	НД	НД
Проникнення	Об	НД	НД
Несанкціоноване втручання	НД	Об	НД
Маскування ^a	Об	НОб	Об
Значне скорочення протяжності зони ^a	Об	НОб	Об
Низька напруга живлення	НОб	НОб	Об
Загальна втрата електроживлення ^b	Об	НОб	НОб
Локальний самоконтроль відбувся	НД	НД	НД
Локальний самоконтроль не відбувся	НД	НД	Об

Дистанційний самоконтроль відбувся	Об	НД	НД
Дистанційний самоконтроль не відбувся	НД	НД	Об
<p>Об=обов'язково</p> <p>НД=не дозволено</p> <p>НОб=необов'язковий</p>			
<p>^a Замість цього може поступити незалежний сигнал або сповіщення.</p> <p>Примітка 1 Допускаються два методи передавання сигналів про маскування або скорочення протяжності зони: за допомогою сигналу про проникнення та сигналу про несправність, або за допомогою визначених сигналів чи сповіщень про маскування. Перевага надається використанню сигналів про проникнення та несправності, оскільки це потребує менше з'єднань між приймально-контрольними приладами та сповіщувачем. Якщо збільшене число подій накладається одне на одне, відбудеться об'єднання сигналів, що може призвести до подвійного тлумачення. Для того, щоб цього не сталося, передбачається, що сповіщувачі не будуть одночасно подавати сигнали про «проникнення» та «несправність» крім випадків, коли треба відобразити маскування. Це означає, що сповіщувач повинен задати пріоритети, наприклад, 1Проникнення; 2 Несправність; 3 Маскування.</p>			
<p>^b Як альтернатива загальної втрати електроживлення можуть визначатися втратою з'єднання з сповіщувачем.</p> <p>Примітка 2 В тому випадку, коли вказана в таблиці 1 подія не обов'язково призводить до формування сигналів або сповіщень, потрібно звернутися до цієї таблиці.</p>			

Згідно зі стандартом, ППЧ сповіщувач повинен формувати сигнал тривоги у разі, коли стандартна або імітована ціль рухається зі швидкостями і в положеннях, інформація про які приведена в таблиці 2.3. При цьому до моменту виявлення факту перетину границі зони виявлення, тобто вторгнення в зони виявлення,

порушник повинен проходити дистанцію не більше 1,5 м, а до моменту виявлення факту руху порушника в межах зони виявлення - не більше 3 м.

Таблиця 2.3

Загальні вимоги до швидкості та положення цілі випробування рухом

Випробування	Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4
Виявлення цілі крізь границю виявлення	Вимагається	Вимагається	Вимагається	Вимагається
Швидкість	1,0 м/с	1,0 м/с	1,0 м/с	1,0 м/с
Положення	Вертикальне	Вертикальне	Вертикальне	Вертикальне
Виявлення цілі в межах границі виявлення	Вимагається	Вимагається	Вимагається	Вимагається
Швидкість	0,3 м/с	0,3 м/с	0,3 м/с	0,3 м/с
Положення	Вертикальне	Вертикальне	Вертикальне	Вертикальне
Виявлення при великій швидкості	Не вимагається	Вимагається	Вимагається	Вимагається
Швидкість	Не застосовується	2,0 м/с	2,5 м/с	3,0 м/с
Положення	Не застосовується	Вертикальне	Вертикальне	Вертикальне
Здійснення ближнього виявлення	Вимагається	Вимагається	Вимагається	Вимагається

Дистанція	2,0 м	2,0 м	0,5 м	0,5 м
Швидкість	0,5 м/с	0,4 м/с	0,3 м/с	0,2 м/с
Положення	Вертикальне	Вертикальне	Горизонтальне	Горизонтальне
Здійснення виявлення при переривчастому русі ^a	Не вимагається	Не вимагається	Вимагається	Вимагається
Швидкість	Не застосовується	Не застосовується	1,0 м/с	1,0 м/с
Положення	Не застосовується	Не застосовується	Вертикальне	Вертикальне
Значне скорочення визначеної дальності ^b	Не вимагається	Не вимагається	Не вимагається	Вимагається
Швидкість	Не застосовується	Не застосовується	Не застосовується	1,0 м/с
Положення	Не застосовується	Не застосовується	Не застосовується	Вертикальне

З таблиці видно, що ПІЧ сповіщувач, сертифікований за 4 класом безпеки відповідно до цього стандарту, повинен мати можливість виявлення зловмисника, що рухається зі швидкістю з інтервалу 0,1-3,0 м/с \pm 10 %.

Крім того, стандарт для ППЧ сповіщувачів передбачає ряд вимог по стійкості до наступних дій: перепади температури і вологості, попадання води, механічний удар, вібрація, електромагнітні завади, корозія. Таким чином, можна зробити висновок про те, що список вимог згідно з цим документом ширше відповідного списку російського стандарту. Проте, справедливим буде відмітити той факт, що виконання приведених в стандарті вимог мінімізує вплив лише таких зовнішніх чинників, як навколишні умови і методи активного впливу порушника.

В той же час сертифікований відповідно до державного стандарту сповіщувач може виявитися даремним у разі застосування порушником методів пасивного впливу, дозволивши такому порушникові здійснити НП без виявлення.

Що стосується цілі, то європейський стандарт передбачає два її втілення - стандартну ціль випробування рухом (СЦР), тобто людини, і імітатор стандартної цілі.

Вимоги до стандартної цілі, в частині антропометричних даних, полягають в тому, що зріст людини повинен складати 160-185 см, а маса тіла має бути 70-80 кг. При цьому на людині має бути надітий щільно прилягаючий одяг, 80 % випромінювання якого повинно припадати на діапазон довжин хвиль 8-14 нм.

Відповідно до ДСТУ EN 50131-2-2:2019, замість стандартної цілі також допускається використання імітатора (умовно кажучи, робота) за умови, що розподіл температури по його поверхні відповідатиме розподілу температури по поверхні стандартної цілі, тобто людини.

Оцінка вказаного розподілу виконується за допомогою безконтактного виміру значення температури фронтальної поверхні людини в п'яти різних частинах тіла останнього, зокрема, в області голови, грудної клітки, тильних сторін кистей рук, колін і ступнів. Отримані значення поверхневих температур точок, що належать вказаним областям, дозволяють вичислити дійсну усереднену температурну різницю Dt_r по наступній формулі:

$$Dt_r = \frac{\sum_{k=1}^5 Dt_{rk} \times W_k}{\sum_{k=1}^5 W_k} \quad (1.1)$$

Значення вагових коефіцієнтів для вищезгаданих областей тіла приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Значення вагових коефіцієнтів згідно ДСТУ EN 50131-2-2:2019

Зона тіла	Різниця температур тіла та фонові поверхні	Значення: ваговий коефіцієнт	
Голова	Dtr1	W1	2
Грудна клітка	Dtr2	W2	4
Тильна сторона руки	Dtr3	W3	4
Коліно	Dtr4	W4	2
Ступня	Dtr5	W5	1

Випробування ПЧ сповіщувача проводять за умови, що обчислена по формулі 1.2 дійсна усереднена температурна різниця відповідає значенню $3,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\%$, тобто лежить в інтервалі значень $2,8\text{--}4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Якщо ця умова не виконується, то розглядається конкретна ситуація, що склалася, а саме:

а) якщо значення перевищує $4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, то за допомогою одного з приведених в європейському стандарті способів для кожної ситуації окремо розраховується еквівалентна температурна різниця ;

б) якщо значення складає нижче $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, то випробування не проводяться зовсім, або ж результати таких випробувань не можуть бути визнані дійсними.

2.2 Методика проведення досліджень згідно ДСТУ EN 50131-2-2:2019

Згідно з державним стандартом , у приміщенні, де проводяться випробування ПЧ сповіщувачів, мають бути дотримані наступні умови - температура повітря в приміщенні має бути в діапазоні $+15\text{...}25\text{ }^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря $25 - 75\%$; атмосферний тиск $86 - 106\text{ кПа}$. Сповіщувач встановлюють на висоті 2 м від підлоги, якщо іншого не вказано в заводській

інструкції по установці, і підключають до спеціального устаткування для відстежування сигналу тривоги, що видається сповіщувачем.

Випробування рухом для виявлення цілі :

- а) рух крізь границю зони виявлення;
- б) рух всередині границі зони виявлення;
- в) рух на високій швидкості;
- г) періодичний рух всередині границі виявлення (для сповіщувачів класів 3 і 4);
- е) рух у ближній зоні ;
- д) рух в штучно обмеженій зоні виявлення.

Схематичне зображення методики випробування ПЧ сповіщувача на виявлення порушників, що рухаються крізь границі зони виявлення представлено на рисунку 2.1

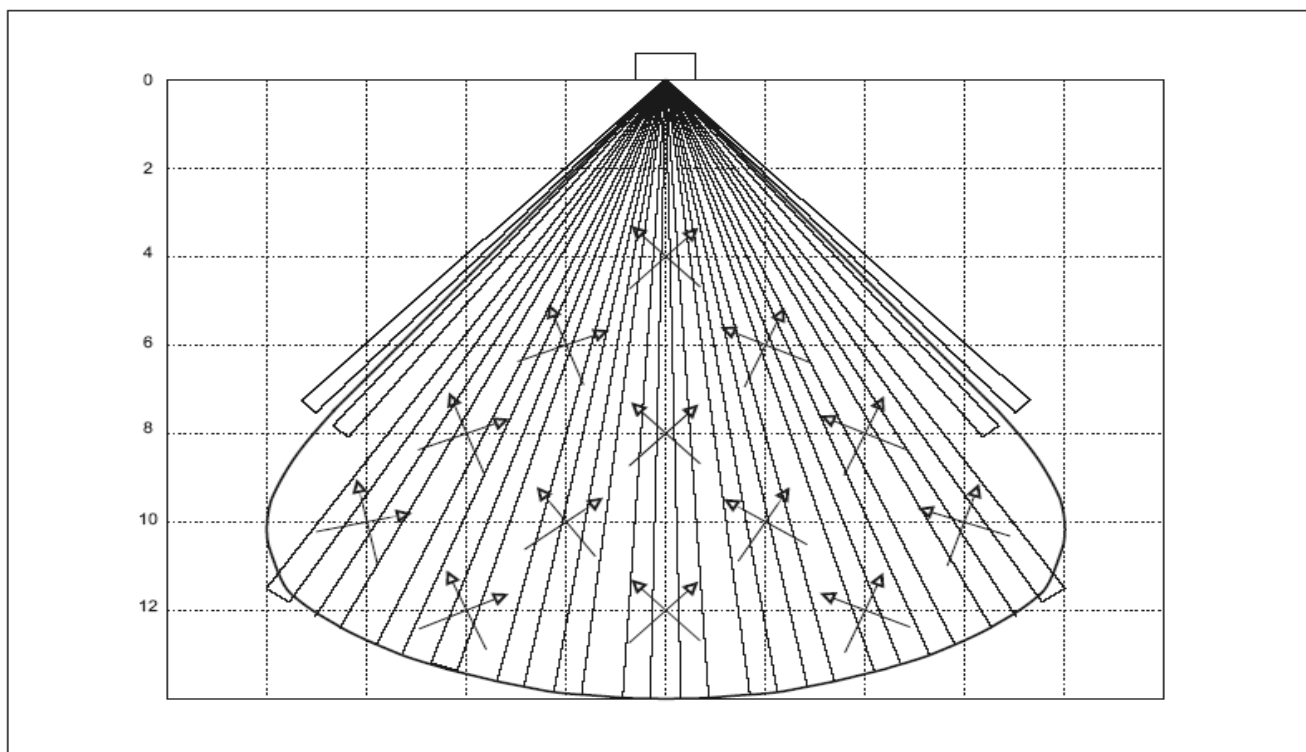


Рис. 2.1 – Виявлення крізь границю зони виявлення

Відповідно до заявленої виробником границі зони виявлення сповіщувача розміщуються контрольні точки. Відлік контрольних точок починається в обидві сторони від сповіщувача і йде по вісі зони виявлення з інтервалом 2 м один від одного. Якщо відстань між останніми точками складає більше 2 м, то остання точка

розташовується на вісі зони виявлення. Сповіщувачі класу 1 допускається тестувати в точках, розташованих через одну від попередніх. З кожної контрольної точки імітується два НП в напрямках під кутом $\pm 45^\circ$ до нормалі границі зони виявлення. Рух повинен починатися за 1,5 м до і закінчуватися не далі 1,5 м після контрольної точки. Кожне НП в одному напрямі є окремим тестом контрольної точки. Такий тест вважається виконаним, якщо сповіщувач видав сигнал тривоги з першої спроби. Якщо цього не сталося, то робиться чотири додаткових НП через вказану контрольну точку в цьому напрямку, на кожне з яких сповіщувач повинен формувати сигнал або сповіщення про проникнення. Таким чином, сповіщувач повинен сформувати тривожне сповіщення при перетині кожної контрольної точки в двох напрямках.

Схематичне зображення методики випробування ПЧ сповіщувача на виявлення руху цілі всередині границі представлено на рисунку 2.2.

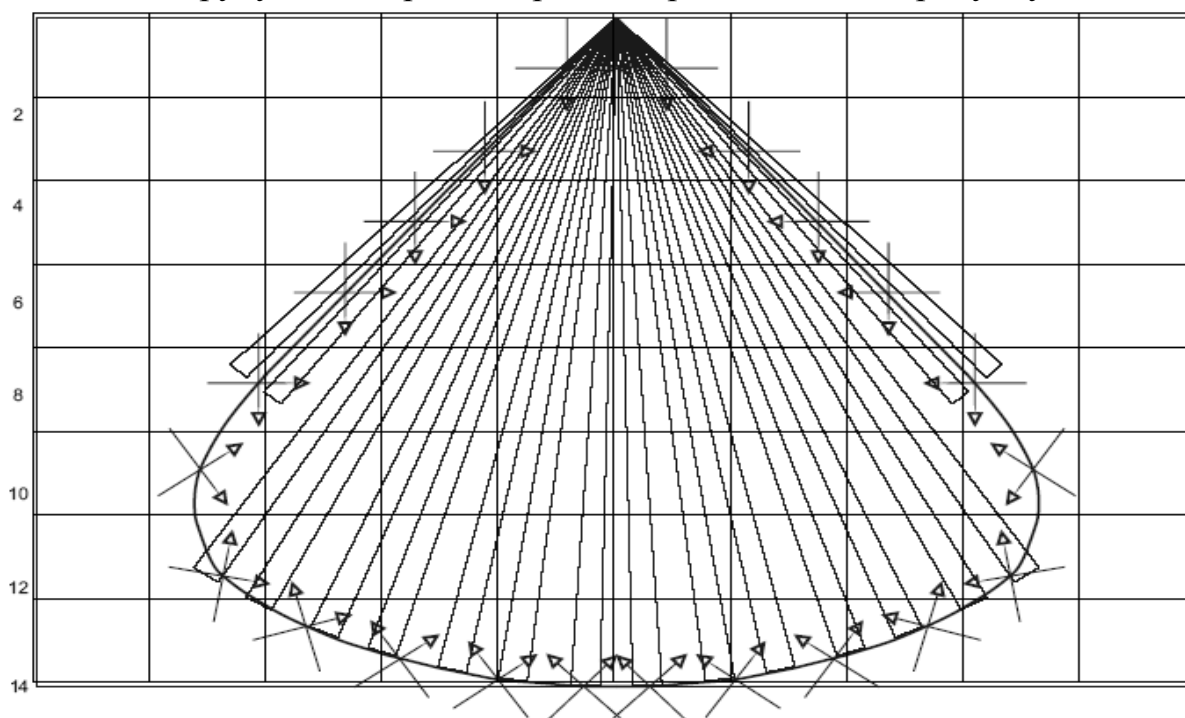


Рис. 2.2 – Виявлення всередині границі зони виявлення

Границя зони виявлення умовно ділиться сіткою з квадратам 2x2 м. Перша контрольна точка розташовується на центральній вісі в 4 м від сповіщувача. Подальші контрольні точки розташовуються в шаховому порядку на перетині ліній вказаних квадратів з кожного боку від центральної вісі. Усі точки повинні розташовуватися не далі 1 м від границі зони виявлення і не повинні знаходитися

за межами останньої. Як і в попередньому випробуванні, кожна контрольна точка повинна випробовуватися для двох напрямів під кутом $\pm 45^\circ$ до радіальної лінії, що сполучає вказану точку і сповіщувач, дистанція руху цілі і кількість НП такі ж, як і у випробуванні на виявлення крізь границю зони виявлення.

Схематичне зображення методик випробування сповіщувача на виявлення руху цілі крізь границю зони виявлення з високою швидкістю або переривчастим рухом представлено на рисунку 2.3.

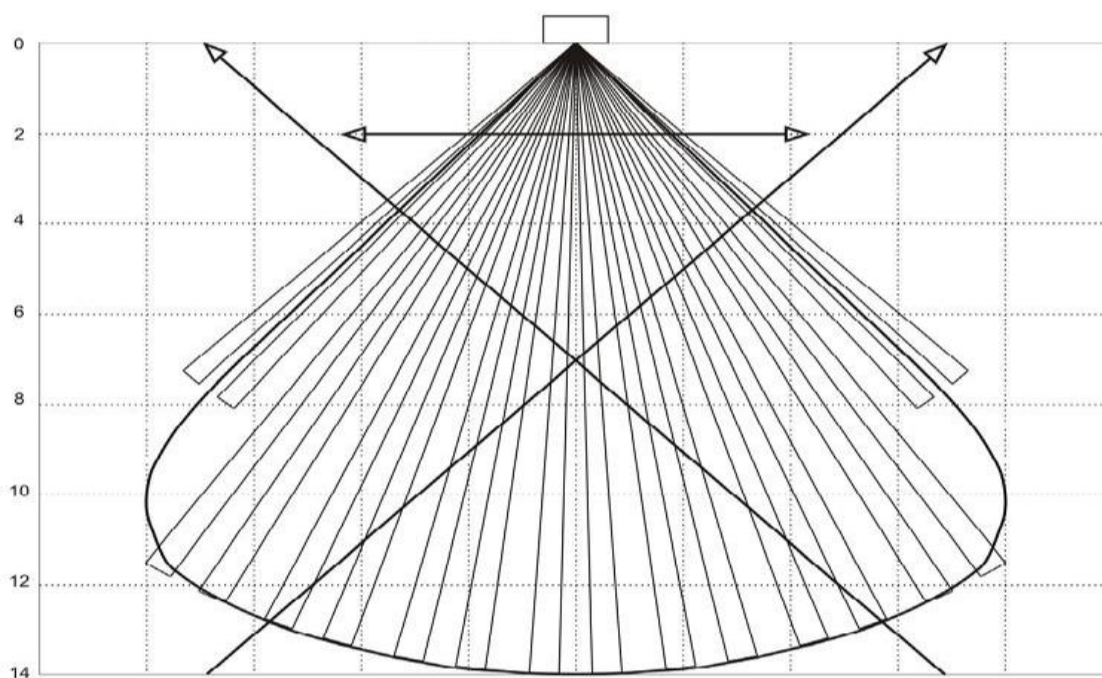


Рис. 2.3 - Виявлення за умов великої швидкості та переривчастого руху

Перевірка виявлення за умови високої швидкості цілі складається з чотирьох випробувань. Два з них починаються поза границею зони виявлення з різних сторін, причому ціль проходить через геометричний центр центральної вісі зони виявлення під кутом $\pm 45^\circ$. Наступні два НП здійснюють з протилежних напрямів під прямим кутом до центральної вісі зони виявлення на відстані $2 \pm 0,2$ м від сповіщувача. Сповіщувач повинен сформувати тривожний сигнал при перетині зони виявлення мінімум в трьох з показаних на рисунку 2.3 напрямках.

Випробування сповіщувачів (3 і 4 класів) на виявлення періодичного (із зупинками) руху робиться в двох напрямках під кутом $\pm 45^\circ$ до центральної вісі. Ціль рухається зі швидкістю 1 м/с на 1 м, далі витримується пауза тривалістю 5 с,

після чого рух поновлюється. Рух починається поза границею зони виявлення. Сповіщувач повинен спрацювати при перетині зони виявлення в кожному з вказаних напрямів.

Схематичне зображення методики випробування сповіщувача на виявлення наближення представлено на рисунку 2.4

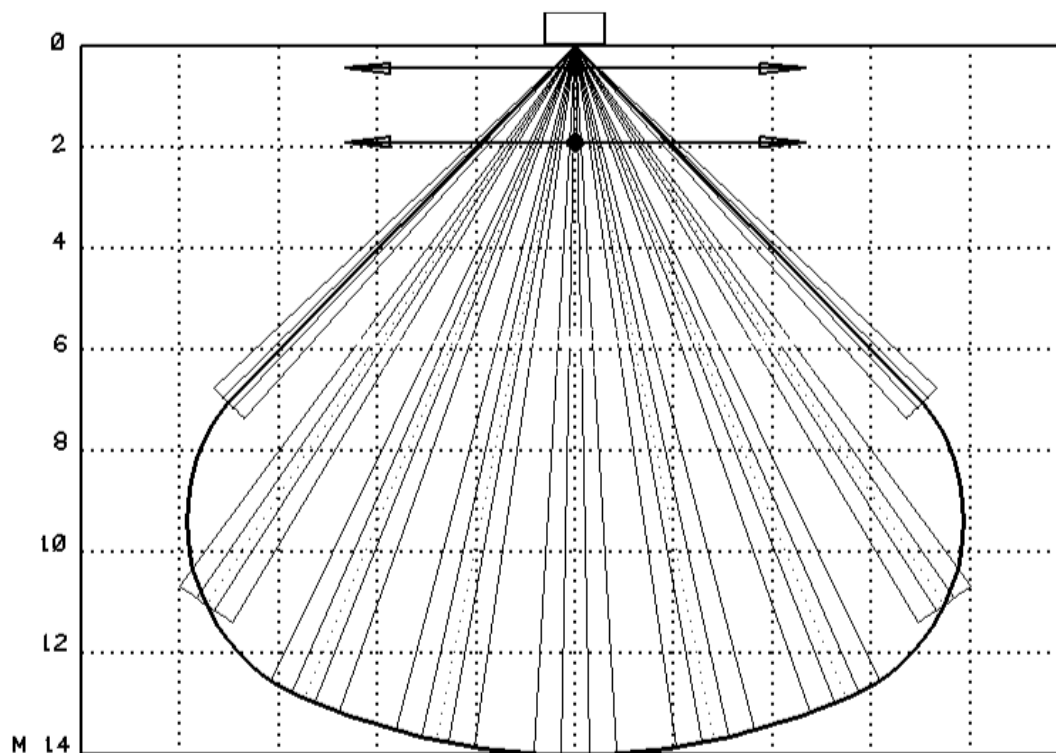


Рис. 2.4 – Виявлення наближення

Згідно із стандартом це випробування повинне проводитися для сповіщувачів усіх класів, причому для сповіщувачів 3 і 4 класів ціль повинна рухатись за допомогою ліктів та колін по підлозі. Ціль повинна рухатись перпендикулярно центральній вісі зони виявлення на відстані $2 \pm 0,2$ м від сповіщувачів 1 і 2 класи і $0,5 \pm 0,05$ м від сповіщувачів 3 і 4 класи. Рух повинен починатися і закінчуватися за межами границі зони виявлення. Сповіщувач повинен виявляти ціль в обох напрямках.

Схематичне зображення методики випробування сповіщувача на виявлення руху цілі в штучно обмеженій зони виявлення представлено на рисунку 2.5

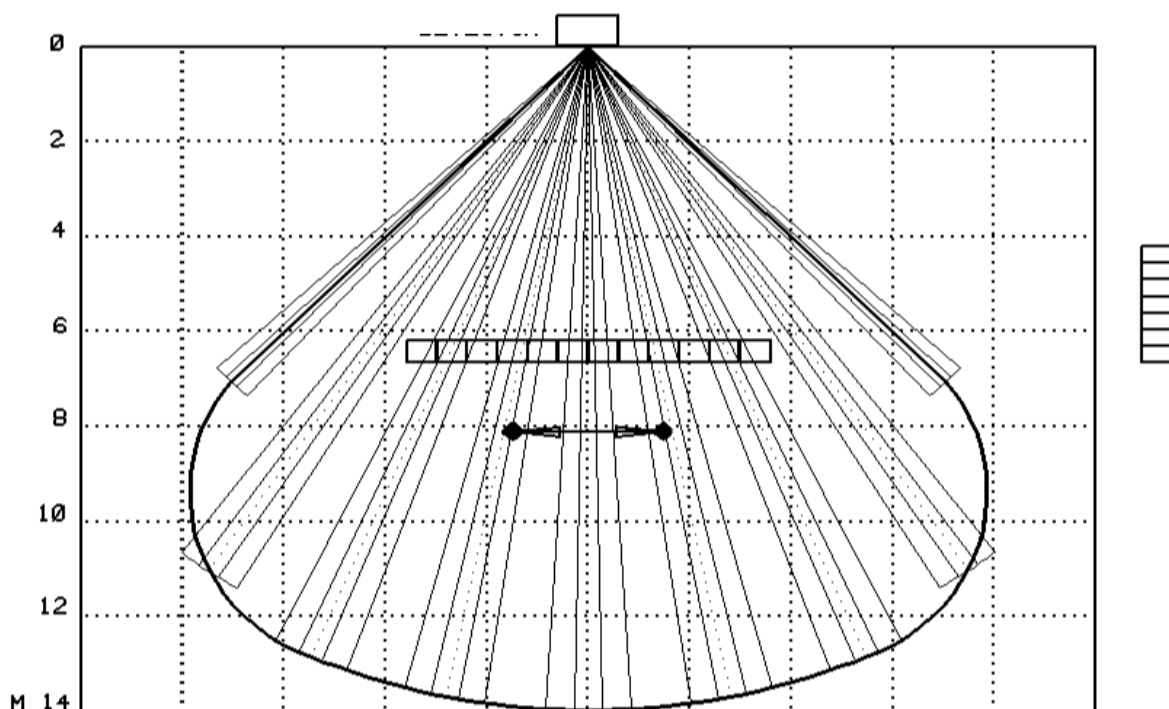


Рис. 2.5 - Значне скорочення дальності зони виявлення

Вибрати випробувальне положення на вісі сповіщувача з відстанню з 55 % від визначеної виробником дальності зони виявлення. Встановити бар'єр, що блокує інфрачервоне випромінювання крізь вісь та перпендикулярно їй з відстані з 45 % від визначеною виробником дальності зони виявлення з покриттям горизонтальної відстані у $\pm 2,5$ м по обидві сторони вісі сповіщувача із встановленням вертикально на 3 м, як це наведено у рисунку 2.5.

Сповіщувач повинен сформуватитривожний сигнал або сповіщення про маскування при наявності бар'єру.

Випробування проводяться з використанням матеріалів, приведених в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Перелік матеріалів для випробувань з виявлення маскування

Номер матеріалу №	Матеріал
1	чорний матовий паперовий лист
2	алюмінієвий лист товщиною 2 мм

3	чистий глянце́вий акриловий лист товщиною 3 мм
4	білий пінополістироловий лист
5	чистий самоклеючий вініловий лист ^a
6	Безко́льоровий поліуретановий аерозоль для пластмаси, шкіри ^a
7	очищений глянце́вий лак, наноситься пензлем ^a
^a застосовується тільки з фронтальної сторони	

2.3 Стандарт США

Стандарт [12] був розроблений і продовжує підтримуватися північноамериканською комерційною компанією Underwriters Laboratories Inc., що спеціалізується на стандартизації і сертифікації у сфері техніки безпеки. Цей стандарт пережив декілька перевидань, що діє з яких є восьмим по рахунку.

На відміну від ДСТУ EN 50131-2-2:2019 стандарт [12] не розроблявся виключно для ПЧ сповіщувачів. Замість цього, він був спеціально створений для затвердження вимог, що пред'являються відразу для усіх засобів виявлення НП, призначених для використання в системах технічного захисту. До числа таких засобів виявлення можна віднести сповіщувачі розбиття скла, фотоелектричні сповіщувачі, акустичні сповіщувачі, сповіщувачі руху (ПЧ, звукові або ультразвукові, мікрохвильові), сповіщувачі зближення та ін. Причому сертифіковані за цим стандартом засоби виявлення можуть використовуватися як в закритих приміщеннях, так і на відкритих майданчиках, і повинні автоматично генерувати, за допомогою електронної схеми управління, сигнал тривоги при НП порушника.

Даний стандарт [12] повинен використовуватися спільно з іншим північноамериканським стандартом UL 681, що регламентує вимоги по установці і класифікації систем сигналізації, завданням яких є виявлення незаконних дій типу крадіжки/пограбування або озброєного нальоту [13].

На відміну від європейського та національного стандартів, стандарт США лише "поверхнево" регламентує вимоги до виявлення НП ПЧ сповіщувачами. Так, наприклад, згідно з даним стандартом чутливість і/або дальність ЗВПЧ сповіщувача мають бути достатніми для покриття площі вказаного (виробником конкретного сповіщувача) розміру і конфігурації.

В якості цілі, в UL 639 згадується людина, зріст якої складає 62–73 дюйма (приблизно 1,6–1,88 м), а масу тіла – 110-230 фунтів (приблизно 50–104 кг). Причому людина може проводити випробовування у будь-якому одязі, включаючи той, що призначений для зниження теплових втрат внаслідок тепловідводу або випромінювання. Про можливість використання імітованих цілей не згадується.

В той же час, "поверхнева" регламентація характеристик виявлення ПЧ сповіщувачів компенсується великим списком вимог по перевірці вказаних виробником характеристик (наприклад, напруга живлення; максимального/мінімального струму живлення; перехідного струму; чутливості; дальності дії; струму витоку; можливості функціонування від зовнішнього джерела живлення і багатьох інших), а також вимог для перевірки стійкості таких сповіщувачів до дії зовнішніх чинників (наприклад, перепадів напруги, вологості і температури; утворення корозії; перевантажень; вібрацій; падінь; механічних ударів; пилу; засвічення; нагріву полімерних деталей корпусу сповіщувача; порушення цілісності кабелів електричного ланцюга; радіочастотних перешкод; електростатичного розряду і багатьох інших). Приведений ряд вимог для випадків формування неправдивого тривожного сигналу ПЧ сповіщувачем.

Відносно стандарту UL 639 можна зробити висновок, що незважаючи на скупість вимог, як на перший погляд може здатися, зміст вказаного нормативного документу і встановлених в ньому вимог для держави з найрозвиненішою і потужнішою на даний момент економікою у світі цілком достатньо, оскільки цей стандарт продовжує діяти на території США вже декілька десятиліть, а саме з його першого видання у 1964 році.

2.4 Методика проведення випробувань згідно стандарту США

Що стосується самої методики проведення випробувань ПЧ сповіщувачів, то в північноамериканському стандарті вона регламентована таким чином. Якщо ПЧ сповіщувач повністю охоплює зону виявлення необхідної площі, вказаний сповіщувач повинен виявляти рух (не більше 4 кроків) людини, що відповідає вимогам вказаним у попередньому розділі, руки якої схрещені на грудях. При цьому довжина кроків повинна лежати в інтервалі 27-33 дюймів (приблизно 0,68-0,84 м), а їх частота повинна дорівнювати 1 кроку в секунду. Напрямок руху цілі у межах зони виявлення повинен вибиратися випадковим чином. Як вже згадувалося раніше, виявлення руху цілі при цьому повинне відбуватися, щонайменше, тричі в серії, що складається з чотирьох імітованих НП.

У разі, якщо ПЧ сповіщувач призначений для виявлення випромінювання, що випускається лише в певному напрям (а не у випадковому), то, згідно UL 639, такий ПЧ сповіщувач повинен мати можливість його налаштування так, щоб виявлення порушника, що має перелічені раніше антропометричні параметри і характер руху, завжди відбувалося після проходження вказаним порушником по зоні виявлення не більше чотирьох кроків.

Таким чином, можна помітити, що вимоги стандарту США UL 639, що пред'являються до методики випробувань ПЧ сповіщувачів, помітно відрізняються від відповідних вимог ДСТУ EN 50131-2-2:2019. Так зокрема, стандарт США не виключає рух цілі в радіальному напрямку відносно променів ДС ПЧ сповіщувача. В той же час цей напрям, як і будь-який інший, не регламентований твердо, тобто при проведенні випробувань ціль може рухатися в радіальному напрямі, а може і не рухатися. Іншими словами, результати випробування ПЧ сповіщувачів суттєво залежать від дій конкретної людини, яка імітує НП, що не дозволяє вважати методику стандарту США повністю незалежною і об'єктивною.

2.5 Критерії ефективності функціонування ПЧ сповіщувачів

При розробці СОТЗ на ОІД важливим аспектом є аналіз характеристик виявлення порушника ПЧ сповіщувачами, тобто ефективності функціонування останніх з точки зору своєчасного виявлення НП.

Говорячи про ефективність функціонування ПЧ сповіщувачів, передусім, слід мати на увазі надійність виявлення ними НП порушника. Проаналізувавши діючі стандарти України, Європи та США, а також методики проведення випробувань, можна помітити, що мова йде тільки про факт виявлення сповіщувачами НП порушника без будь-якої імовірнісної оцінки цього факту.

Окрім цього, розглянуті стандарти обмежують вимоги по виявленню лише простими ситуаціями руху порушника відносно ДС ПЧ сповіщувача, тобто в сприятливих з точки зору імовірності виявлення умовах. Слід звернути увагу, що в реальній ситуації можливе застосування порушником різних прийомів та засобів подолання структури СОТЗ [14]. Окрім цього, необхідно враховувати і параметри порушника з точки зору його "помітності" в робочому спектральному діапазоні ПЧ сповіщувачів.

Таким чином, можна говорити про доцільність і актуальність формулювання об'єктивних критеріїв оцінки ефективності ПЧ сповіщувачів, справедливих для будь-яких умов їх експлуатації. А також доцільність створення методики оцінки достовірності виявлення порушника ПЧ сповіщувачами в системах об'єктово-територіального захисту.

У загальному випадку, в якості критеріїв оцінки ефективності виявлення НП можна використати різні характеристики і параметри самого засобу виявлення. Деякі з них визначені державним стандартом. Зокрема, для ПЧ сповіщувачів вказані чутливість, максимальна/мінімальна дальність виявлення, діаграма спрямованості сповіщувача. Також регламентується дистанція виявлення порушника від моменту перетину границі зони виявлення або початку руху всередині - до моменту формування сигналу або сповіщення про тривогу.

Аналіз можливої тактики поведінки порушника, включаючи можливість виконання ним активних та/або пасивних дій на елементи СОТЗ, при його проникненні на ОІД, зокрема, дозволяє говорити про необхідність враховувати імовірність подібного проникнення з будь-якого напрямку. При цьому важливо відмітити, що для кожного напрямку проникнення слід проводити оцінку достовірності, з якою порушник може бути виявлений при спробі здійснення НП у контрольовану ППЧ сповіщувачем з вказаного напрямку.

Проте, окремо перераховані характеристики не придатні для комплексної оцінки ефективності ППЧ сповіщувачів. Це обумовлено тим, що значення кожної характеристики сповіщувача залежить від значень одних характеристик і абсолютно не залежить від значень інших. Тобто, між одними характеристиками є взаємозв'язок, тоді як між іншими він повністю відсутній. Наприклад, значення кута огляду зони виявлення безпосередньо визначає дальність дії ППЧ сповіщувача, але ніяк не впливає на його чутливість. Таким чином, використання однієї характеристики ППЧ сповіщувача в якості критерію оцінки ефективності його функціонування ніяк не враховує інших характеристик, міра впливу яких на надійність виявлення НП може перевищувати міру впливу вказаної характеристики. Такий підхід до питання оцінки ефективності ППЧ сповіщувачів не дозволяє заздалегідь проаналізувати імовірність виявлення порушника в СОТЗ, які проектуються.

Існування величезного ряду моделей сповіщувачів, що мають масу різних параметрів і функцій, вимагає іншого підходу до оцінки їх ефективності виявлення. З цією метою в роботі запропоновано використати імовірнісну оцінку, оскільки значення імовірності виявлення є наслідком того, яким чином усі властиві сповіщувачу характеристики впливають на здатність виявлення останнього. Вибір в якості критерію ефективності імовірності виявлення - забезпечує оцінку не конкретно однієї або більше характеристики сповіщувача, а оцінку того, який вплив на достовірність виявлення порушника в сповіщувачем забезпечують вказані характеристики в сукупності. Цей підхід є доцільним, оскільки саме значення

імовірності виявлення визначає факт того, чи буде виявлений порушник або ні, а якщо буде, то з якою достовірністю.

Достовірність виявлення порушника ПЧ сповіщувачами залежатиме від координат точки входу порушника в зону виявлення, тривалості знаходження порушника у вказаній зоні, швидкості і траєкторії його руху, умов довкілля і деяких інших випадкових параметрів. Проте усі вищезгадані методики проведення випробувань ПЧ сповіщувачів не враховують велику частину вказаних чинників, а також ні один з перелічених стандартів не розглядає імовірнісний підхід до виявлення НП в цілому. З урахуванням цього факту, видається доцільним розробка методики оцінки достовірності виявлення порушника ПЧ сповіщувачами в СОТЗ на ОІД незалежно від напрямку і швидкості руху цілі.

Сформулюємо основний критерій оцінки ефективності у вигляді імовірності виявлення порушника ПЧ сповіщувачами в СОТЗ [15]. У загальному випадку значення цієї величини визначатиметься рядом основних параметрів, приведених на рисунку 2.6 таких як:

- а) L_{μ} – відстань від сповіщувача до цілі;
- б) ν – швидкість руху цілі;
- в) φ – кут напрямку руху цілі відносно сповіщувача (за нуль приймаємо напрям на сповіщувач із відліком за годинниковою стрілкою від напрямку на ціль);
- г) α – кут напрямку на ціль (за нуль приймаємо напрям від сповіщувача із відліком за годинниковою стрілкою від вісі ДС);
- д) $(L_{\mu 0}, \alpha_0)$ – координати точки входу цілі в ДС.

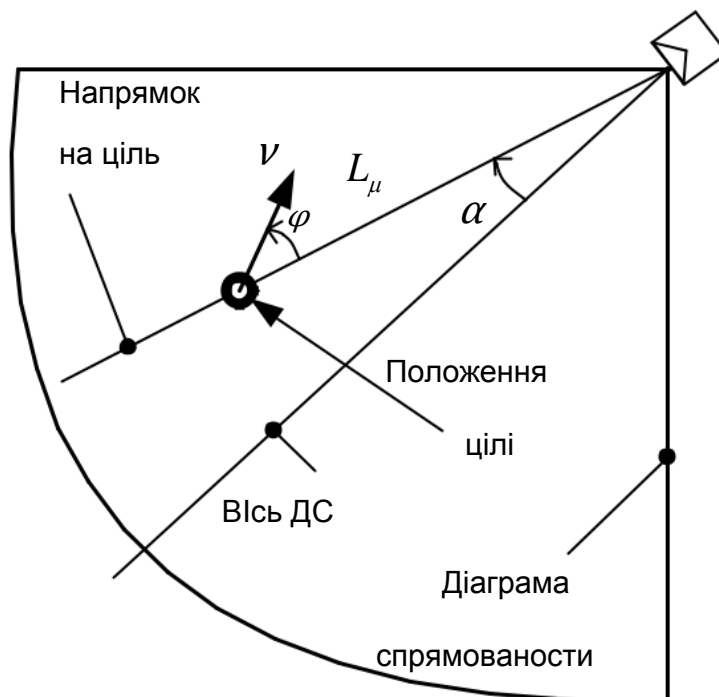


Рис. 2.6 – Основні параметри, що визначають $P_{вияв}$ ПЧ сповіщувача

Також необхідно враховувати значення і розподіл температур по поверхні цілі.

Помітимо, що параметри $(L_{\mu 0}, \alpha_0)$ визначені у полярних координатах положення точки входу порушника в ДС сповіщувача.

У загальному випадку, вимоги до імовірності виявлення ПЧ сповіщувачем повинні включати дві складових:

(а) вимоги до мінімально допустимого значення імовірності виявлення $P_{вияв}^{\min}$ (у ідеальному випадку $P_{вияв}^{\min} = 1$);

(б) вимоги до збереження цього значення імовірності, або до його зміни в допустимих (заданих) межах при зміні параметрів L , тобто умов конкретного завдання.

Таким чином, основний критерій ефективності можна записати як вимогу досягнення необхідного значення $P_{вияв} \geq P_{вияв}^{\min}$ в усіх можливих практичних ситуаціях, тобто при довільному наборі (сукупності) основних параметрів L , φ , α та ν . Позначимо цю сукупність як C . А різні конкретні поєднання значень параметрів $P_{вияв} \geq P_{вияв}^{\min}$ як C_i . При цьому $C \supseteq C_i$, де $i=1 \dots I$ кількість можливих поєднань наборів параметрів.

Термін "довільний набір" не потрібно розуміти в його прямому сенсі. Очевидно, що будь-який згаданий параметр може змінюватися в певному діапазоні значень, визначуваних фізичними властивостями контрольованого об'єкту і можливостями порушника. Наприклад, швидкість руху останнього теоретично може змінюватися в обмежених межах 0-11 м/с. Реальна верхня границя швидкості руху в приміщенні з обмеженими розмірами може бути максимум 5-6 м/с. Тому кількість можливих сукупностей можна легко обмежити, вибираючи граничні значення параметрів, при яких імовірність виявлення мінімальна.

Таким чином, якщо вимоги $P_{вияв} \geq P_{вияв}^{\min}$ до значення заданої імовірності виявлення однакові за усіх умов, то даний критерій можна записати як:

$$P_{вияв} \geq P_{вияв}^{\min}, \forall L_{\mu}, \varphi, \alpha, \nu \quad (2.1)$$

$$\text{Або теж саме } P_{вияв} \geq P_{вияв}^{\min}, \forall C_i, \text{ при } i=1 \dots I.$$

На практиці, з урахуванням фізичного принципу дії ПЧ сповіщувачів, вимоги до імовірності виявлення $P_{вияв}^{\min}$ в різних умовах (при різних наборах i C) можуть бути різними. Тоді отримуємо набір умов :

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{вияв} \geq P_{вияв}^{\min}, C_1, \\ P_{вияв} \geq P_{вияв}^{\min}, C_2, \\ \dots\dots\dots \\ P_{вияв} \geq P_{вияв}^{\min}, C_i \end{array} \right. \quad (2.2)$$

Очевидно, що при розв'язанні задачі синтезу засобів виявлення, окрім сформульованих вище критеріїв, доцільна постановка завдання досягнення не просто заданого рівня $P_{вияв}^{\min}$, а досягнення максимального значення імовірності виявлення. Таке завдання можна розглядати як додатковий критерій $P_{вияв} \rightarrow \max$.

Крім того, як про ще один додатковий критерій, можна говорити про необхідність забезпечення інваріантності сповіщувача до умов застосування, тобто до параметрів C .

З урахуванням сказаного можна записати додаткові критерії в наступному виді:

$$\begin{cases} \max \{ P_{\text{вияв}}(L_{\mu}, \varphi, \alpha, \nu) \}, \forall L_{\mu}, \varphi, \alpha, \nu \\ \max \{ \min P_{\text{вияв}} \}, \forall L_{\mu}, \varphi, \alpha, \nu \end{cases} \quad (2.3)$$

Або у спрощеному вигляді:

$$\begin{cases} \max P_{\text{вияв}} | \forall C, \\ \max \{ \min P_{\text{вияв}} \}, \forall C_i \end{cases} \quad (2.4)$$

Як додаткові критерії можна використати і інші характеристики і параметри ПЧ сповіщувачів, в тому або іншому ступені що впливають на значення достовірності виявлення (наприклад, форма і параметри ДС, міра відповідності зони виявлення контрольованій зоні об'єкту та ін.).

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЬ ПОРУШНИКА В СИСТЕМАХ ОБ'ЄКТОВО-ТЕРИТОРИАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

3.1 Модель порушника

На підставі виконаного в попередньому розділі аналізу в якості основної характеристики, що визначає ефективність функціонування ППЧ сповіщувачів, було запропоновано вважати імовірність виявлення. Причиною тому також служить те, що тільки надійне виявлення може забезпечити своєчасне реагування і виключити доступ порушника до засобів і систем обробки інформації, а також до засобів їх забезпечення або приміщень і об'єктів, призначених для ведення конфіденційних переговорів. Очевидно, що достовірність виявлення буде істотним чином залежати від параметрів реального порушника і моделей, що відповідають йому. Тому нижче аналізуються різні чинники, що впливають на імовірність виявлення порушника, а також параметри моделей порушників для порівняння їх відповідності реальному порушникові СОТЗ на ОІД [16]. Враховуючи, що проникнення на ОІД, як правило, здійснюють кваліфіковані і підготовлені порушники, основна увага буде приділена саме їх особливостям.

Чинники, що впливають на достовірність виявлення ППЧ сповіщувачем порушника за своєю природою можна розділити на декілька груп. До першої групи входять технічні характеристики самого ППЧ сповіщувача, наприклад, чутливість, форма і розміри ДС, імовірність виявлення та ін.; у другу - навколишні умови, такі як температура, планування або ландшафт тих, що охороняються, відповідно, приміщень або місцевості, наявність джерел перешкод та ін.; до третьої групи відносяться дії, результатом яких є втручання в заданий режим роботи конкретного сповіщувача, тобто пряму або непряму дію на сам сповіщувач. При цьому чинники останньої групи можна додатково розділити на дві підгрупи - пасивні дії, наприклад, зміна порушником швидкості і напрямку руху, і активні дії, наприклад, повне або часткове виведення сповіщувача з ладу.

Вплив чинників першої групи на достовірність виявлення очевидно, оскільки при розробці визначеного ППЧ сповіщувача фахівець, в першу чергу, керується

суттю того завдання, яке повинен успішно вирішувати сповіщувач, що розробляється ним. Для того, щоб ПЧ сповіщувач відповідав заданим вимогам і був придатний для вирішення поставленого перед ним завдання по виявленню руху в просторі, що охороняється, вказаний сповіщувач повинен містити у своєму складі такі компоненти, які матимуть характеристики, що дозволяють таке технічне завдання вирішити. Так, наприклад, ПЧ сповіщувач з ДС коридорного типу буде у край неефективний, тобто матиме низьке значення достовірність виявлення, в широкому приміщенні квадратної форми, і навпаки, ПЧ сповіщувач з ДС об'ємного типу належним чином не функціонуватиме в приміщенні вузької і витягнутої форми.

Іншими словами, при розробці конкретного ПЧ сповіщувача фахівець наділяє вказаний сповіщувач певними характеристиками, які безпосередньо впливають на достовірність виявлення таким сповіщувачем порушника за заданих умов. Таким чином, вплив цієї групи чинників усувається шляхом створення широкого спектру моделей ПЧ сповіщувачів, кожна з яких призначена для використання у відповідних умовах.

Як вже згадувалося вище, одними з основних елементів ПЧ сповіщувача являються піроелектричний приймач, який у край чутливий не лише до дії на нього певної смуги довжин хвиль ІЧ спектру електромагнітного випромінювання, але також і до ряду інших дій, і електрична схема СОТЗ, яка схильна до впливу, наприклад, електромагнітного поля. В якості основних дій довкілля, які можуть вплинути на функціонування ПЧ сповіщувача, встановленого в закритому приміщенні, можна відмітити наступні:

- а) температура і вологість повітря;
- б) природне електромагнітне випромінювання, наприклад, сонячні промені;
- в) електромагнітне випромінювання штучних джерел світла;
- г) потоки повітря;
- д) вібрація;
- е) електростатична напруга;
- ж) електромагнітне поле;

з) імпульси в ланцюги електроживлення або перебої в поданні електроживлення;

і) геометрія і інфраструктура приміщення, що захищається.

Також до навколишніх умов можна віднести наявність в просторі живих істот (наприклад, домашніх тварин, птахів, комах і так далі), що охороняється.

Крім того, тривала дія на ППЧ сповіщувач однієї або декількох перелічених умов, наприклад, в процесі транспортування сповіщувача із заводу в магазин або на ОІД, може також негативно позначитися на його працездатності після установки і, як наслідок цього, на достовірність виявлення порушника. З іншого боку, також можливий і вихід сповіщувача з ладу.

Для повного усунення і/або мінімізації вище перелічених чинників, що впливають на імовірність формування хибних тривожних сигналів, загальноприйнятими є наступні рекомендації, якими керуються фахівці при установці ППЧ сповіщувачів в просторі, що захищається [17]:

(а) не встановлювати сповіщувач в зоні досяжності прямого сонячного світла;

(б) не встановлювати сповіщувач у безпосередній близькості від вентиляційних отворів, вікон і дверей, що є джерелами повітряних потоків;

(в) не встановлювати сповіщувач поблизу від нагрівальних приладів;

(в) не встановлювати сповіщувач в місцях з підвищеною вологістю;

(г) не встановлювати в межах ДС сповіщувача блокуючих ґрат або екранів;

(д) не встановлювати сповіщувач поблизу штучних джерел світла;

(е) не встановлювати сповіщувач на нестійку або вібруючу основу;

(ж) виключати попадання в простір постійно предметів, що рухаються, що охороняється;

(з) не направляти сповіщувач у бік зовнішніх областей з інтенсивним рухом.

Дотримання перелічених вище рекомендацій дозволяє істотно знизити або усунути вплив навколишніх умов на достовірність виявлення порушника ППЧ сповіщувачем.

Пасивні методи впливу порушника на ПЧ сповіщувач, у свою чергу, можна розділити на дві групи.

До першої групи відносяться дії, що полягають у виборі порушником певного характеру руху, опираючись на принцип роботи ПЧ сповіщувача [17]:

а) рух в певних областях, наприклад, на границях зони виявлення, в яких сповіщувач має низьке значення достовірності виявлення. Для крайніх променів ДС ПЧ сповіщувача, наприклад, характерна невелика висота їх розташування в просторі, тобто контрольований такими променями об'єм зони виявлення переважно розташований поблизу підлоги, внаслідок чого у вказані чутливі промені потрапляє тільки нижня частина тіла порушника. Таким чином, відкриті ділянки тіла (обличчя, шия, кисті рук), що мають найбільшу інтенсивність випромінювання в ІЧ спектрі, не потрапляють в межі крайніх променів ДС, внаслідок чого істотно падає значення достовірності виявлення НП порушника;

б) рух в певних напрямках, в яких сповіщувач не здатний виявляти або слабо виявляє рух цілі. Наприклад, для ПЧ сповіщувачів достовірність виявлення НП має низьке значення у разі руху порушника в радіальному напрямку вздовж або між променів ДС;

в) рух зі швидкістю, що лежить для визначеного ПЧ сповіщувача поза робочим інтервалом швидкостей цілі. Наприклад, рух із швидкістю меншою або більшою, ніж паспортна мінімально або максимально допустима швидкість цілі, відповідно. Цей тип дії спрямований на те, щоб сповіщувач просто не встигав "накопичувати" необхідну інформацію про зміну температурного контрасту між фоном і об'єктом, що рухався, за певний відрізок часу і постійно "скидав" накопичені дані про зміну вказаного контрасту, у разі занадто повільного руху цілі, або, щоб реєстрована сповіщувачем зміна температурного контрасту була занадто слабка чи короткочасна для формування сповіщувачем сигналу тривоги за умови високої швидкості руху цілі;

г) зміна порушником геометрії свого тіла і, отже, площі випромінюючої в ІЧ спектрі поверхні. Як приклад такої дії можна назвати рух порушника в положенні сидячи (навпочіпки) або лежачи (повзучи). Зменшення площі тіла порушника

спричиняє за собою зміну його розмірів відносно розмірів зрізу чутливого променя ДС, що значно знижує достовірність виявлення порушника ПЧ сповіщувачем через зменшення температурного контрасту по всій зоні виявлення в цілому;

д) переривчастий рух - рух з постійною або періодичною зміною напрямку і швидкості руху, а також з можливими періодичними зупинками порушника.

До другої групи відносяться дії, що полягають в зміні порушником рівня теплового випромінювання, що випускається ним в ІЧ спектрі, а саме:

а) повне або часткове перекриття зони виявлення шляхом розміщення перед сповіщувачем або в межах вказаної зони виявлення непрозорого в ІЧ спектрі екрану, внаслідок чого втрачається можливість реєстрації сповіщувачем теплового випромінювання порушника;

б) застосування різних засобів, що знижують рівень випромінювання від порушника в ІЧ спектрі, що підвищує шанси при НП залишитися невиявленим ПЧ сповіщувачем. Наприклад, маскування порушником відкритих ділянок тіла, що мають найбільшу температуру, а також ділянок, покритих одягом з високою теплопровідністю, зокрема – обличчя, шиї, верхньої частини тулуба, кистей рук. Таким чином, у разі використання щільного одягу з низькою теплопровідністю, рукавичок, шапки і маски порушник може деякий час, до тих пір, поки вказані елементи одягу не прогріються до температури, близької до температури тіла порушника, давати занадто низький температурний контраст відносно фону, тобто по суті порушник зливається з фоном, внаслідок чого ПЧ сповіщувач виявляється даремним в якості засобу виявлення. Також можна виділити і комбінований тип пасивної дії, що об'єднує в собі два або більше перелічених варіантів дії.

Варто також відмітити те, що можливість застосування порушником кожного з вище перелічених методів активних і пасивних дій як в комбінації один з одним, так і окремо, залежить від міри підготовленості порушника.

На підставі короткого огляду основних чинників, що впливають на достовірність виявлення порушника ПЧ сповіщувачем, можна відмітити те, що застосування порушником методів активного впливу на достовірність виявлення наносить великі збитки СОТЗ, проте, з меншою, ніж у разі застосування

порушником пасивних дій, ефективністю та вірогідністю дозволяє зловмиснику безперешкодно проникнути на ОІД. Для фахівця очевидно, що це твердження базується на тому, що активні дії порушника на засоби виявлення призводять до повної або часткової нейтралізації останнього, тоді як застосування пасивних дій не робить прямого впливу на функціонування сповіщувача. Іншими словами, застосування методів активного впливу менш надійно, оскільки завжди зберігається деяка імовірність виявлення порушника засобами виявлення, якої може бути досить для виявлення НП порушника у разі його помилкових дій або вибору їм малоефективного в конкретній ситуації методу активного впливу.

Окрім аналізу та оцінки міри переваги одних методів впливу на засоби виявлення над іншими, доцільним також видається аналіз доступності для порушника вказаних методів, тобто можливості їх застосування реальним порушником при здійсненні НП на ОІД. Слід вважати, що не всі з перелічених методів впливу, а також інформація про ті або інші вразливості ППЧ сповіщувачів, доступні кожному порушникові. Так, наприклад, пасивні методи впливу, в цілому, вимагають гарної підготовки і знань про принцип функціонування ППЧ сповіщувача, внаслідок чого, не будучи фахівцем в області СОТЗ, на підставі доступної широкому колу осіб інформації (наприклад, з рекламних брошур) порушник не зможе самостійно виявити уразливості конкретного засобу виявлення та скористатися отриманими відомостями для проникнення на ОІД. В той же час, застосування методів активного впливу, в цілому, не вимагає наявності у зловмисника технічної грамотності та певних практичних навичок по здійсненню таких дій. Отже, з точки зору простоти застосування, методи пасивного впливу поступаються методам активного впливу, незважаючи на меншу ефективність останніх у ряді випадків, як згадувалося вище. Оскільки доступність застосування порушником у відношенні ППЧ сповіщувача тих або інших дій з метою зниження імовірності виявлення НП варіює, то розробка різних моделей порушників і їх класифікація за мірою підготовленості порушника є актуальним завданням у сфері проектування СОТЗ і розглядається у багатьох роботах, наприклад в [18].

В роботі [14] розглядаються технічні і організаційні питання для забезпечення ефективного функціонування СОТЗ на ОІД. У основі такого функціонування лежить попередня оцінка сукупності кількісних і якісних характеристик передбачуваного порушника, що називається моделлю порушника. Вказана модель порушника включає:

а) аналіз ОІД з точки зору виявлення пріоритетних об'єктів, що підлягають захисту, якими можуть бути, наприклад, люди, матеріальні цінності, інформація;

б) виявлення можливих вразливостей ОІД, якими може скористатися порушник;

в) оцінка міри підготовки потенційного порушника, включаючи доступну йому інформацію про використовувану на ОІД СОТЗ і різні методи і засоби, які можуть бути застосовані вказаним порушником з метою проникнення на ОІД.

Характеристика моделі порушника, отримана на основі синтезу вказаних вище відомостей, для кожного ОІД може використовуватися при формуванні структури СОТЗ, виборі засобів виявлення (їх кількості, технічних характеристик і місць розташування), підборі кадрового складу ОІД і т.д.. В цілому, порушників запропоновано класифікувати по п'яти типах залежно від їх підготовки (можливості застосування ними спеціальних технічних засобів і/або прийомів для обходу засобів виявлення) і міри обізнаності про експлуатовану СОТЗ на конкретному ОІД:

а) випадкові порушники. Порушники цього типу діють без злого наміру, не мають точного уявлення про те, що є конкретний ОІД і, що він взагалі знаходиться під охороною. Як правило, випадковий порушник не має конкретних цілей відносно ОІД, а саме проникнення випадкового порушника на ОІД пов'язане з цікавістю або з бажанням останнього скоротити шлях до іншої мети і відбувається в явному виді, тобто без спроби приховати або замаскувати свою присутність.

б) невідготовлені порушники. Порушники цього типу діють умисно, тобто проникають на ОІД із зумовленою метою, при цьому вони інформовані про те, що вказаний об'єкт знаходиться під захистом. Проте, невідготовлений порушник не має інформації про тип і структуру встановленою на ОІД СОТЗ і може мати лише

прості підручні засоби (лопата, сходи, молоток і тому подібне) для подолання інженерних систем ОІД. Спроба проникнення зазвичай відбувається, покладаючись на удачу і обережність, через найбільш вразливі місця, висновок про наявність яких можна зробити висновок просто на підставі візуального огляду ОІД або випадково отриманих конфіденційних відомостей про СОТЗ.

в) підготовлені порушники. Порушники цього типу мають деяку інформацію про експлуатовану на ОІД СОТЗ, встановлених на ній засобів виявлення і мають уявлення про методи їх обходу. Проникнення на ОІД здійснюється потайно, через найбільш вразливі місця, розташовані як можна ближче до наміченої мети. Підготовлений порушник в змозі застосовувати спеціальні технічні методи і засоби для подолання інших засобів СОТЗ.

г) кваліфіковані порушники. Порушники цього типу мають істотну інформацію про експлуатовану на ОІД СОТЗ, встановлених на ній засобів виявлення і не лише мають уявлення про методи їх обходу, але і великий практичний досвід по реалізації вказаних методів. Кваліфіковані порушники мають спеціальну підготовку по подоланню СОТЗ і оснащені відповідним устаткуванням (спеціальними інструментами, приладами і всілякими технічними засобами). Здійснення ними НП можливо практично у будь-якій просторовій точці СОТЗ за рахунок попереднього або одночасного виведення із ладу засобів виявлення, камер відеоспостереження і т. д.

д) співробітники ОІД, що захищається. Цей тип порушників слід додатково розділяти на працівників ОІД і безпосередньо співробітників охорони, оскільки перші можуть просто мати безперешкодний доступ до безлічі приміщень ОІД, тоді як останні апріорі мають найповнішу інформацію про ОІД, експлуатованою на ній СОТЗ і, окрім цього, доступом до усіх приміщень об'єкту. Протидія цьому типу порушників представляється найбільш складною, оскільки здійснюване співробітником ОІД НП, що захищається, відноситься до внутрішніх загроз, складність усунення яких прагне до нескінченності і вимагає максимальних матеріальних витрат. Усі інші вищеперелічені типи порушників можна віднести до зовнішніх загроз СОТЗ на ОІД.

У роботі [14] згадується класифікація порушників СОТЗ за трьома основними типами - невідготовлені, підготовлені і висококваліфіковані. Ця класифікація є узагальненим підходом до питання про модель порушника, в основу якого покладено об'єднання випадкових і невідготовлених порушників, а також - кваліфікованих порушників із співробітниками ОІД. Це є доцільним, оскільки НП випадкового і невідготовленого порушників можуть бути досить схожі. В той же час дві інші, найбільш підготовлені моделі - кваліфікованого порушника і співробітника ОІД, що захищається, також можуть бути об'єднані в одну модель, оскільки сучасні СОТЗ у більшості своїй повністю автономні від персоналу ОІД, внаслідок чого для здійснення НП як кваліфікованому порушникові, так і співробітникові ОІД слід розраховувати лише на наявні у них відомості і навички.

У цій роботі запропонована аналогічна класифікація порушників за трьома згаданими вище моделями:

- (а) невідготовлений порушник;
- (б) підготовлений порушник;
- (в) кваліфікований порушник.

Можливі методи впливу на ППЧ сповіщувач кожним з вказаних типів порушників були детально розглянуті в попередньому розділі.

Варто відмітити, що структуру СОТЗ на ОІД слід повністю засновувати і визначати з урахуванням тієї моделі порушника, імовірність проникнення якої на ОІД найбільш висока. Очевидно також, що чим більше розмірів ОІД і чисельність працюючого на ній персоналу, тим складнішу модель порушника слід враховувати при розробці СОТЗ. Крім того, аналіз моделі порушника для конкретного ОІД дозволить з використанням мінімальної кількості матеріальних ресурсів отримати оптимальну з точки зору виявлення СОТЗ.

3.2 Термограма порушника

Як згадувалося вище, принцип дії ППЧ сповіщувача заснований на реєстрації теплового випромінювання порушника. Варто відмітити, що, як і будь-яке тіло з температурою вище за абсолютний нуль (273 К), людина має власне

електромагнітне випромінювання в широкому спектрі довжин хвиль [19]. За нормальних умов, температура поверхні тіла людини в різних його частинах знаходиться в діапазоні 27-36 °С, найменша температура фіксується в ногах - в області стоп ($\approx 27-28$ °С), а порівняно висока - на шиї поблизу сонної артерії (≈ 34 °С) []. Основна частина ІЧ випромінювання людини лежить в спектральній смузі довжин хвиль 4-50 мкм. Окрім ІЧ випромінювання, людина також є джерелом випромінювання видимого діапазону, а також джерелом мікрохвильового випромінювання, проте інтенсивність останніх двох випромінювань на декілька порядків нижча інтенсивності теплового випромінювання. В зв'язку з цим, використання ПЧ сповіщувачів в якості засобів виявлення руху порушника СОТЗ представляється очевидним і виправданим рішенням.

У роботі за допомогою тепловізора FLIR E-5 - була отримана термограма реальної цілі (людини), зображена на рисунку 3.1 (а).

Експериментальні дослідження проводилися в спеціальній лабораторії далеко від джерел теплового випромінювання і з температурою повітря усередині приміщення близько 23 °С, при відносній вологості повітря 45 %. Антропометричні дані людини: зріст – 187 см, маса тіла – 89 кг.

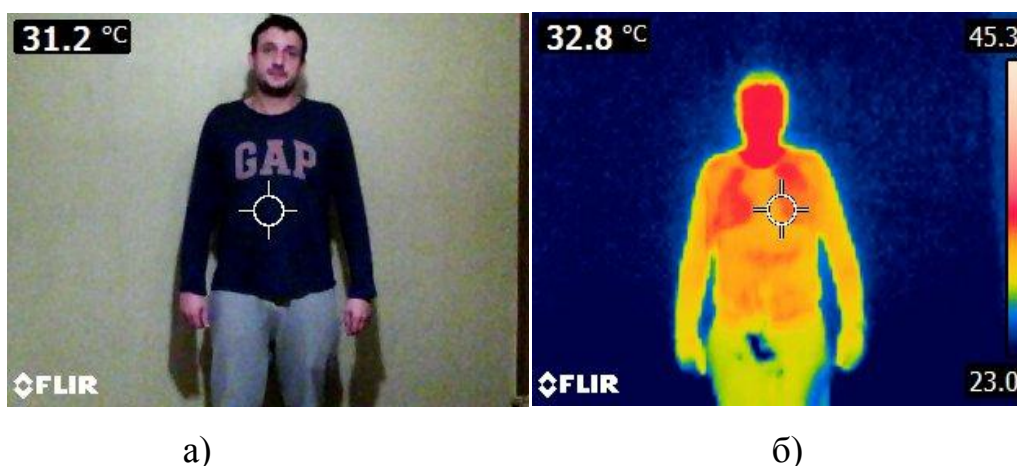


Рис. 3.1 – Портрет людини у видимому (а) та ІЧ (б) випромінювання

На рисунку 3.1 (б) показаний тепловий портрет тієї ж людини, одягненої в бавовняні штани і бавовняну футболку з довгим рукавом. Як і слід було чекати, найбільшу температуру мають відкриті, незахищені одягом, ділянки, а саме -

голова, шия, кисті рук. Температура вказаних частин тіла знаходиться в діапазоні 33-36,5 °С, що забезпечує хороший температурний контраст відносно фону, температура якого в приміщенні, як правило, лежить в інтервалі 18-25 °С. Крім того, порівняно з фоном, джерелами підвищеного теплового випромінювання також є місця щільного прилягання одягу до тіла.

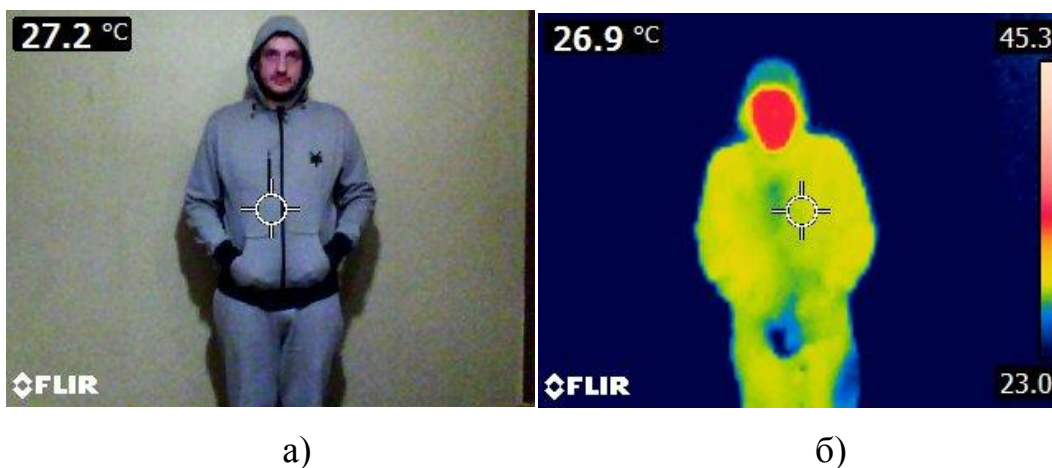


Рис. 3.2 Портрет людини, одягненої в бавовняні штани і бавовняну кофту з довгим рукавом та капюшоном у видимому (а) та ІЧ (б) випромінювання

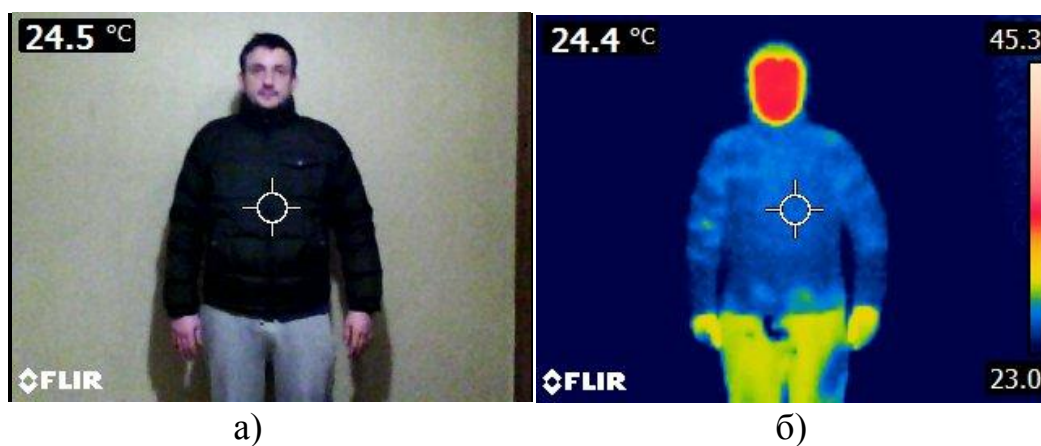


Рис. 3.3 Портрет людини, одягненої в бавовняні штани та зимову куртку у видимому (а) та ІЧ (б) випромінювання

На підставі отриманого теплового портрета, були визначені мінімальні і максимальні значення температур різних ділянок тіла людини, які приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Значення температура різних частин тіла людини

	Обличчя	Руки	Грудна клітка	Ноги
--	---------	------	---------------	------

$T_{\max}, ^\circ\text{C}$	36,6	33	33	30
$T_{\min}, ^\circ\text{C}$	35	33	24	25

3.3 Аналіз розподілу потужності ІЧ випромінювання тілом порушника

Теплове випромінювання людини, в цілому, є його тепловими втратами, чисельне значення яких відповідає різниці випущеної тілом людини і поглиненого довкіллям потоку випромінювання. Потужність випромінювальних теплових втрат людини можна розрахувати по наступній формулі [17]:

$$P = S * \delta(T_1^4 - T_0^4) \quad (3.1)$$

де S - площа поверхні; δ - приведений коефіцієнт поглинання шкіри (одягу), що розглядається як сіре тіло; T_1 - температура поверхні тіла (одягу) людини в [K]; T_0 - температура довкілля в [K]. При цьому вказаний коефіцієнт δ розраховують по формулі:

$$\delta = \alpha * \sigma \quad (3.2)$$

де α - коефіцієнт поглинання; а σ - постійна Стефана-Больцмана,

$$\sigma = 5,67032 * 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}^4}$$

Очевидно, що при руху по зоні виявлення порушник постійно не знаходитиметься в межах однієї чутливої зони променя ДС цілком. Навпаки площа перекриття променем ДС тіла порушника змінюватиметься, внаслідок чого варіюватиме і потужність фокусованого на піроприймачі випромінювання. Іншими словами, формований піродетектором ПІЧ сповіщувача сигнал дозволяє оцінити потужність ІЧ випромінювання тільки тієї площі тіла порушника, яка потрапила в розріз, щонайменше, однієї формованої ЧЕ піроприймача чутливої зони. Отже, в питанні оцінки достовірності виявлення порушника слід враховувати не лише сумарну потужність реєстрованого випромінювання, але і вклад окремих частин тіла людини у вказану потужність.

У роботі [17] говориться про те, що вклад СЦ $P_{випr_i}^{сц}$ таких різних частин поверхні тіла людини в загальну потужність випромінювання СЦ $P_{вип}^{сц}$ може істотно змінюватися при зміні фонові температури. Згадана зміна частково врахована в розглянутому вище державному стандарті за рахунок виміру температур різних частин тіла людини і усереднювання їх значень з фіксованими коефіцієнтами W_i . Проте, як показано в роботі [17], можливий перерозподіл вкладу кожної з вказаних частин тіла (голови, грудної клітки, кистей рук, колін, ступень) в сумарну потужність випромінювання при зміні фонові температури. Таким чином, окрім температурної різниці між фоном і людиною необхідно враховувати також конкретні значення температури фону.

Оскільки при частковому перекритті тілом людини пари чутливих зон променя ДС ПЧ сповіщувача рівень сигналу падатиме за рахунок різницевої обробки, то для попередньої оцінки характеру зміни і перерозподілу потужності випромінювання частин тіла людини припустимо, що людина (порушник) повністю знаходиться в межах однієї чутливої зони променя ДС ПЧ сповіщувача. У такому разі, інша чутлива зона променя ДС враховуватиме тільки температуру фонові поверхні, тобто в межах одного променя забезпечуватиметься рівність площ поверхні фонового випромінювання і поверхні випромінювання цілі. Такий підхід дозволить оцінювати виключно температурні параметри цілі.

З урахуванням того, що абсолютне значення фонові температури T_ϕ у градусах Кельвіна значно більше різниці ΔT температур фону і цілі, а складовими з нижчими мірами фонові температури можна нехтувати, справедливо наступне:

$$\Delta P_e \approx |KT_\phi^3 \Delta T| \quad (3.3)$$

де коефіцієнт пропорційності K враховує відповідний коефіцієнт δ і площу S з формули (3.1).

Таким чином, різницева потужність випромінювання залежить як від різниці температур фону і цілі, так і від самого значення T_ϕ фонові температури. Проте,

при цьому слід врахувати, що насправді для випадку реального порушника різниця температур непостійна по поверхні його тіла, тобто $\Delta T \neq \text{const}$.

3.4 Маскування ІЧ випромінювання

В цілому, протидія порушника будь-якому типу засобів виявлення руху полягає в зменшенні доступної про себе інформації. Для ППЧ сповіщувача подібною інформацією є теплове випромінювання, що випускається будь-якими існуючими в природі тілами, у тому числі і тілом людини. Отже, для того, щоб обійти ППЧ сповіщувач порушникові необхідно понизити інтенсивність свого теплового випромінювання, рівень якого, як і у інших ссавців, відрізняється від рівня теплового випромінювання довкілля. Вказане зниження можна забезпечити за рахунок маскування або екранування порушником поверхні його тіла.

Одним з найпростіших і доступніших для порушника СОТЗ прийомів по забезпеченню ефективного маскування теплового випромінювання являється повне або часткове покриття тіла екранами. Всього можна виділити три типи екранів, що виконують таку функцію : непрозорі, прозорі і напівпрозорі [17].

При використанні непрозорих екранів відбувається взаємодія енергії електромагнітних коливань з матеріалом, з якого виконаний екран, і перетворення вказаної енергії в теплову енергію. При цьому поглинання екраном теплового випромінювання викликає, у свою чергу, нагрів самого екрану, внаслідок чого, зовнішня протилежна до джерела випромінювання, що екранується, поверхня екрану починає випускати випромінювання, що відповідає пропущеному випромінюванню джерела, що екранується. Інтенсивність вказаного пропущеного теплового випромінювання можна розглядати в якості критерію ефективності застосування такого екрану для маскування. До непрозорих екранів відносяться, наприклад, металеві, альфолеві (алюмінієва фольга), футеровані (пінобетон, піноскло, керамзит, пемза), азбестові та ін.

Використання прозорих екранів характеризується відсутністю фази перетворення випромінювання, що взаємодіє з матеріалом екрану, в теплову

енергію. Замість цього, поглинене випромінювання поширюється усередині екрану відповідно до законів геометричної оптики, тим самим забезпечуючи прозорість екрану. До прозорих екранів відносяться, наприклад, скляні екрани на основі силікатного, кварцевого, органічного або металізованого скла, а також плівкові водяні завіси (вільні і стікаючі по склу), вододисперсні завіси.

Напівпрозорі екрани одночасно мають властивості відразу обох перелічених типів екранів. До напівпрозорих екранів відносяться, наприклад, металеві сітки, ланцюгові завіси, екрани з армованого металевою сіткою скла.

Крім того, за принципом дії екрани діляться на тепловідбивні, теплопоглинальні і тепловідвідні, залежно від того, яка з його здібностей виражена сильніше. Насправді, такий розподіл носить досить умовний характер, оскільки будь-який екран здатний виконувати усі вказані функції - відбивати, поглинати і відводити тепло.

Ефективність $Q_{екр}$ маскуванню теплового випромінювання за допомогою екрану можна оцінити по формулі:

$$Q_{екр} = \frac{E_{б/екр} - E_{екр}}{E_{б/екр}} * 100, [\%] \quad (3.4)$$

де $E_{б/екр}$ - інтенсивність теплового випромінювання без використання екрану [Вт/м²]; $E_{екр}$ - інтенсивність теплового випромінювання з використанням екрану [Вт/м²].

При цьому при підвищенні температури тіла людини збільшується і інтенсивність E теплового випромінювання, яка розраховується по формулі:

$$E = \tau * T^4, [\text{Вт/м}^2] \quad (3.5)$$

де τ - постійна Стефана-Больцмана, $\tau = 5,67032 * 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}^4}$; T - абсолютна температура тіла, [К].

Таким чином, використання порушником екрану, виконаного з будь-якого згаданого матеріалу, може забезпечити таку міру маскуванню теплового

випромінювання, якої буде досить для подолання зони, що охороняється ПЧ сповіщувачем, без видачі сигналу тривоги.

Що стосується практичного застосування, то найбільш доступними для порушника способами є

(а) екранування поверхні тіла теплоізолюючим камуфляжем, а також

(б) екранування відкритих ділянок тіла антитермальним покриттям, наприклад, спеціальним кремом (одним з найбільших виробників цієї продукції є грецька компанія Intermat Group S.A.).

Вказаним камуфляжем може бути як спеціальна теплозахисна екіпіровка, так і звичайний повсякденний одяг з щільного матеріалу. Різниця між ними полягає в тому, що одяг з теплоізоляційними властивостями дозволяє людині, якщо не постійно, то досить тривалий час зберігати близьку до фонові поверхневу температуру, а, отже, і енергію теплового випромінювання, тоді як одяг, що не має таких характеристик, досить швидко прогрівається до температури, близької до температури тіла людини, забезпечуючи тим самим помітний температурний контраст з фоном.

Як згадувалося вище, основні методи пасивного впливу порушника на ПЧ сповіщувач діляться на два типи:

а) дії, що базуються на виборі порушником певного характеру руху в просторі, що охороняється;

б) дії, наслідком яких є зміна порушником рівня власного ІЧ випромінювання.

До першого типу пасивних дій можна віднести вибір порушником напряму, швидкості і рівномірності руху крізь та всередині границі виявлення ПЧ сповіщувача.

До другого типу можна віднести застосування порушником спеціальних засобів, які частково або повністю маскують теплове випромінювання, що виділяється тілом порушника, з метою максимального зближення значень температури фону і поверхні тіла порушника, в ідеальній ситуації НП - вказані температури мають бути рівні.

Загальним для обох вказаних типів пасивної дії є те, що можливість їх застосування, як окремо, так і в комбінації між собою, вимагає наявності у порушника щонайменше базових знань про принципи функціонуванні ПЧ сповіщувача. Іншими словами, найбільш вірогідним джерелом таких дій може бути підготовлений або кваліфікований порушник.

В той же час непідготовлений порушник, з великою імовірністю, або зовсім не помітить наявності ПЧ сповіщувача, або спробує вивести його з ладу шляхом повної поломки, тобто застосовуватиме один з методів активного впливу на засобів виявлення.

Для оцінки достовірності виявлення ПЧ сповіщувачами НП різних моделей порушників видається доцільним оцінити також міру впливу деяких розглянутих вище прийомів зниження ІЧ випромінювання на значення останньої. Так, наприклад, в роботі [17] були отримані результати, що свідчать про значне зниження імовірності виявлення у разі застосування порушником одного з методів пасивної дії, а саме - рух в радіальному напрямі відносно напрямку на сповіщувач, а також, що дозволяють оцінити значення при різних параметрах руху порушника. Проте у вказаній роботі не було розглянуто можливе з боку порушника застосування різних методів і засобів по зниженню рівня ІЧ випромінювання. З урахуванням цього, були проведені експерименти, метою яких було дослідити міру впливу вказаних методів пасивного впливу на достовірність виявлення порушника ПЧ сповіщувачем.

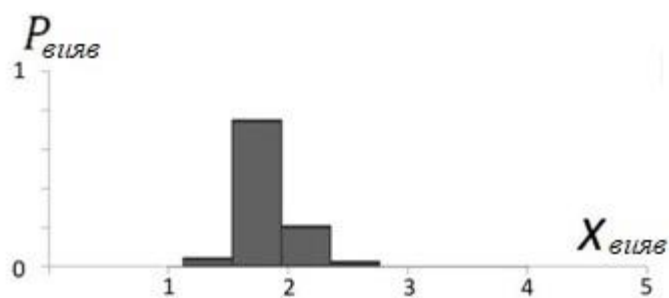
3.5 Вплив характеру руху порушника на імовірність виявлення

У роботі [6, 20] оцінка такої випадкової величини, як значення імовірності виявлення НП, ґрунтована на використанні густини імовірності відстані виявлення, тобто дистанції, пройденої порушником по зоні виявлення до моменту виявлення. При такому підході імовірність виявлення НП можна характеризувати інтегралом від густини імовірності відстані виявлення в межах від початку зони виявлення до значення відстані виявлення, тобто до точки, в якій відбулося спрацювання

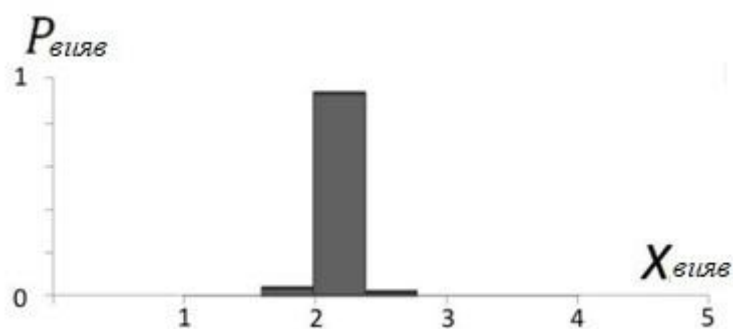
сповіщувача. З метою отримання попередньої оцінки значень імовірності виявлення порушника при різних квазірівномірних швидкостях і квазілінійних напрямках руху порушника були проведені додаткові експериментальні дослідження.

Експеримент був проведений для випадків руху порушника з різними швидкостями (0,3 / 1,5 / 3,0 м/с) в трьох різних напрямках: тангенціальному (під кутом 90° до напрямку на сповіщувач); радіальному (під кутом 0° до напрямку на сповіщувач); і діагональному (під кутом 45° до напрямку на сповіщувач). Зона виявлення сповіщувача мала форму квадрата зі стороною завдовжки в 5м.

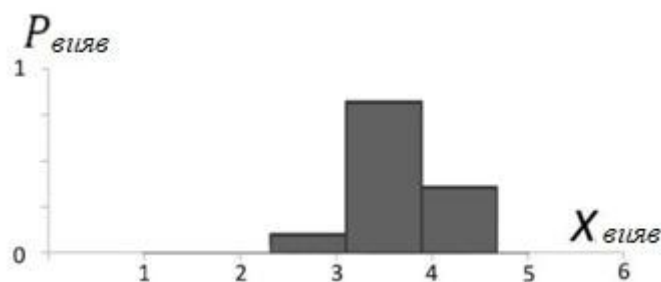
На підставі вимірних вибірових значень дистанції виявлення були побудовані гістограми густини імовірності дистанції виявлення в залежності від дистанції, пройдені порушником до моменту виявлення. На рисунку 3.4 приведені гістограми вибірок дистанції виявлення для згаданих вище напрямів руху порушника.



а)



б)

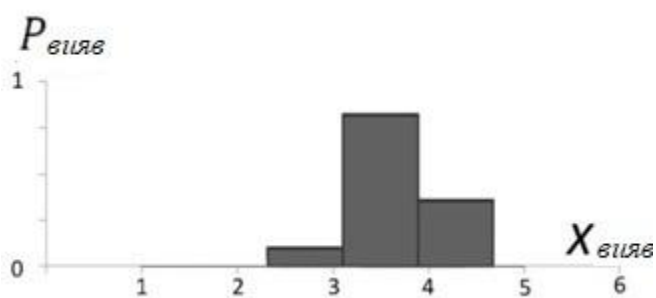


в)

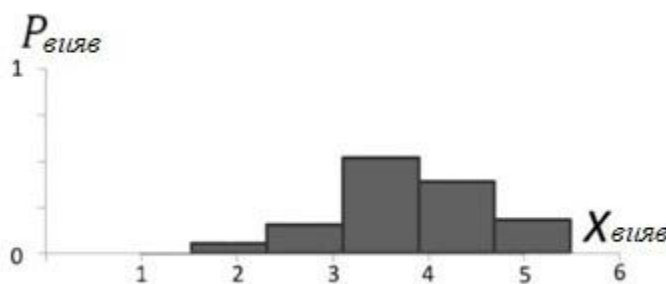
Рис. 3.4 Оцінка достовірності виявлення при швидкості руху порушника 0,3 м/с в тангенціальному (а), діагональному (б) та радіальному (в) напрямках

Як видно з рисунка 3.4 (а), при руху цілі в тангенціальному напрямі, виявлення відбувається на дистанції 1,1 – 2,7 м і вибіркова оцінка імовірності виявлення дорівнює одиниці. При діагональному (рисунок 3.4 (б)) і, в ще більшому ступені, радіальному (рисунок 3.4 (в)) напрямках руху відбувається помітне збільшення середнього значення дистанції виявлення. Це означає, що до моменту виявлення порушник повинен пройти всередині границі виявлення більшу відстань. Так, при радіальному напрямі руху і пройденій дистанції 3 м, достовірність виявлення порушника складає всього біля 0,2.

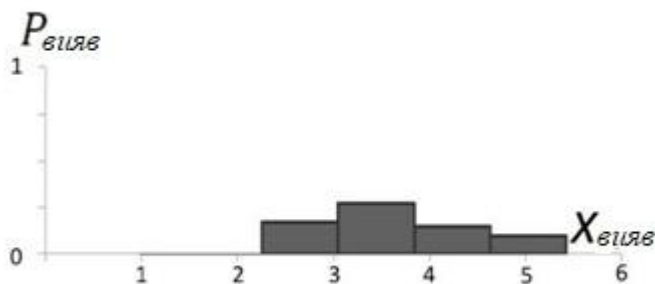
На рисунку 3.5 показані гістограми для радіального напрямку і різних швидкостей руху порушника.



а)



б)



в)

Рис. 3.5 Оцінка достовірності виявлення при радіальному напрямку руху порушника зі швидкістю 0,3 м/с (а), 1,5 м/с (б) и 3,0 м/с (в)

Порівняння рисунків 3.4 і 3.5 дозволяє зробити висновок про помітне збільшення розкиду значень дистанції виявлення, на якому відбувається виявлення порушника, зі збільшенням швидкості, що призводить до збільшення імовірності пропуску цілі.

Графіки на рисунку 3.6 ілюструють залежність імовірності виявлення від дистанції, і дозволяють стверджувати, що при радіальному напрямку руху для досягнення імовірності виявлення близькій до одиниці потрібна відстань більше 5 м. Проте протяжність границі виявлення, як було вказано, рівна саме 5 м, тобто велика імовірність пропуску цілі. Більше того, якщо розмір реальної зони виявлення невеликий, наприклад, обмежений розмірами приміщення, то це також може привести до істотного ризику пропуску цілі.

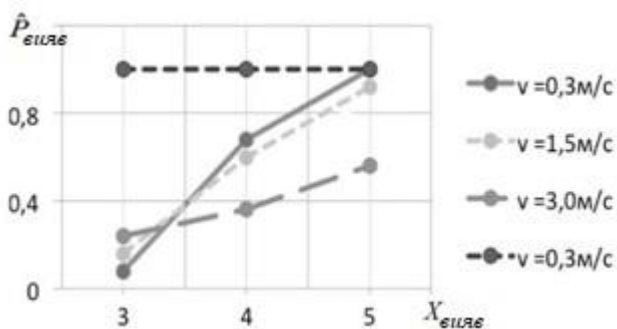


Рис. 3.6 Вплив швидкості руху на дистанцію, пройдену порушником в кризь границю зони виявлення

Рисунок 3.7 ілюструє характер зміни імовірності виявлення при різних напрямках руху порушника на швидкості 0,3 м/с, і підтверджує зроблений вище висновок про істотне падіння імовірності виявлення при довільному напрямі руху

цілі. Так, для надійного виявлення на швидкості 0,3 м/с потрібно, щоб ціль проходила в межах ДС ПЧ сповіщувача не менше 5 м.

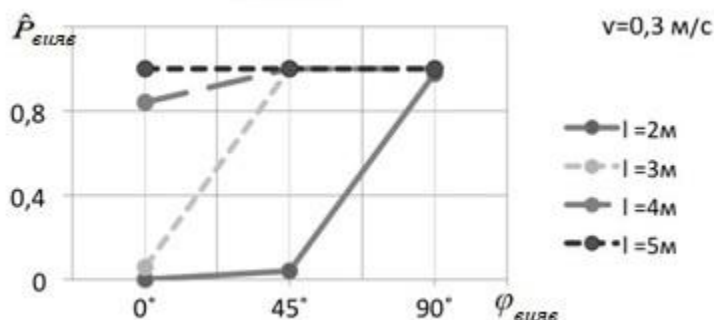


Рис. 3.7 Вплив напрямку руху порушника на імовірність виявлення

3.6 Вплив зниження рівня ІЧ випромінювання порушника на імовірність виявлення

Для оцінки впливу маскуванню ІЧ випромінювання необхідно вивчити отриманий тепловий портрет цілі. Тепловий портрет людини, показаний рисунку 3.1 дозволяє зробити висновок про те, що наявність оголених ділянок тіла забезпечує, в цілому, підвищену середню температуру цілі порівняно з відносно низькою температурою фону.

Проте, слід вважати, що застосування порушником різних засобів, спрямованих на маскуванню власного теплового випромінювання, може значно зменшити різницю середніх температур реальної цілі та фону. Як згадувалося раніше, одним з простих прийомів, доступних підготовленому та/або кваліфікованому порушникові, є екранування одягом, виготовленим з матеріалу підвищеної щільності. Наприклад, таким одягом може бути зимова куртка, представлена на рисунку 3.3. Ще яскравіше виражений ефект від подібного екранування матиме місце у разі використання порушником додаткових елементів одягу, наприклад, головного убору або капюшона. Вплив такого екранування на сигнатуру цілі особливо буде помітний, якщо поглянути з тилу, як показано на рисунку 3.8 (б).

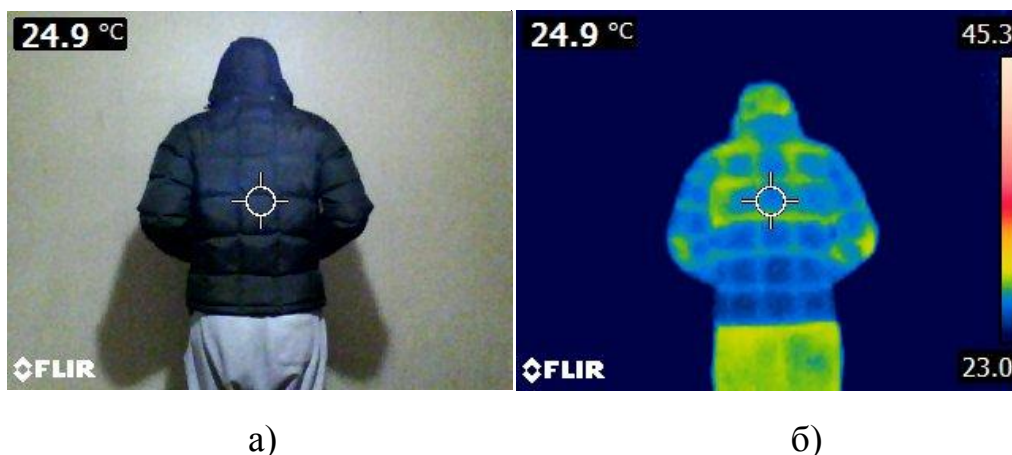


Рис. 3.8 Портрет людини, одягненої в зимову куртку з капюшоном, в спектрах видимого (а) та ІЧ (б) випромінювання

Крім того, не варто забувати про можливе застосування порушником одного з вищезгаданих типів екранів, непрозорих для ІЧ випромінювання. На рисунку 3.9 показано маскування обличчя непрозорим екраном, в якості якого використаний лист картону щільністю 300 г/м². Незважаючи навіть на невеликі розміри вказаного листа, в результаті перекриття ним усієї поверхні обличчя забезпечується повне маскування теплового випромінювання в області голови людини (вид спереду), а отже і зниження імовірності виявлення ПІЧ сповіщувачем порушника, що рухається в напрямку на або від сповіщувача.

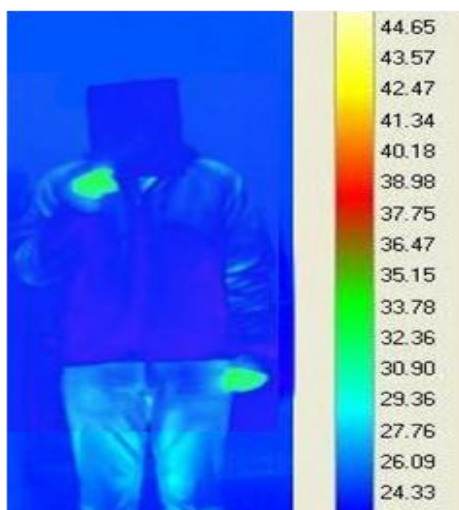


Рис. 3.9 Маскування обличчя листом картону в якості непрозорого екрану

Крім того, можливе застосування порушником і прозорого екрану, наприклад, виконаного із спеціального скла. Отже, використання аналогічного

екрану більшої площі може забезпечити достатню, для здійснення порушником НП на ОІД, маскуванню теплового випромінювання.

Отримані результати свідчать про те, що наявність таких простих і загальнодоступних елементів одягу, як капюшон, рукавички і утеплені брюки, може звести до мінімуму температурний контраст між ціллю (порушником) і фоном, і, як наслідок, знизити значення імовірності виявлення ПЧ сповіщувачем НП. Проте, очевидно і те, що з часом надітий на порушнику одяг або екіпіровка прогріватиметься унаслідок виділення тілом людини тепла, яке не передаватиметься докільку. Отже, необхідно також оцінити залежність інтенсивності випромінювання надітого на людині одягу від часу прогрівання. На рисунку 3.10 (а) - (д) показані, відповідно, термограми одягненої в зимову куртку людини впродовж 1, 3, 5, 10 і 15 хвилин. Вказані термограми дозволяють візуально оцінити динаміку прогрівання такої куртки.

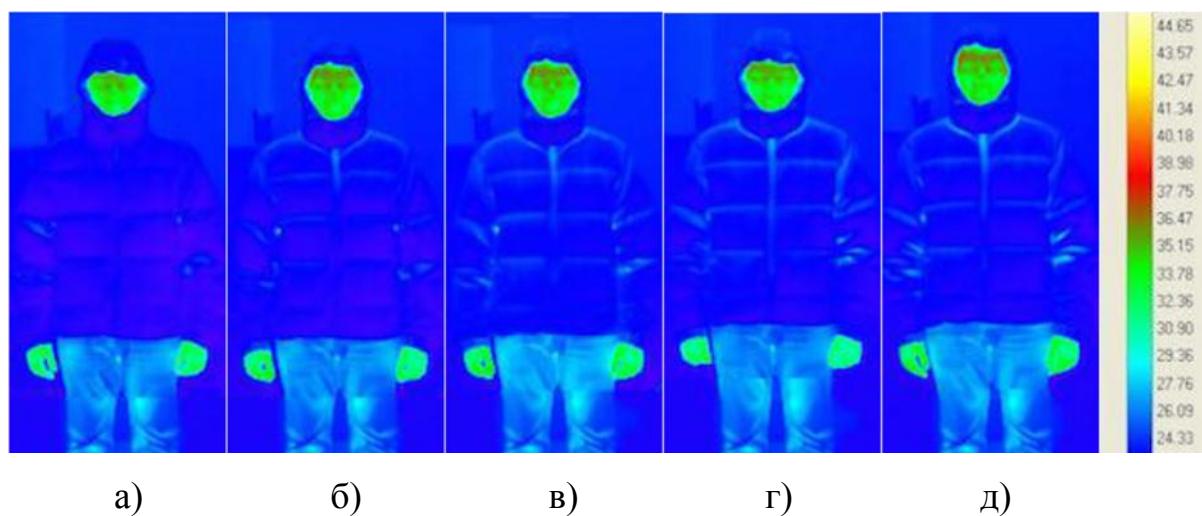


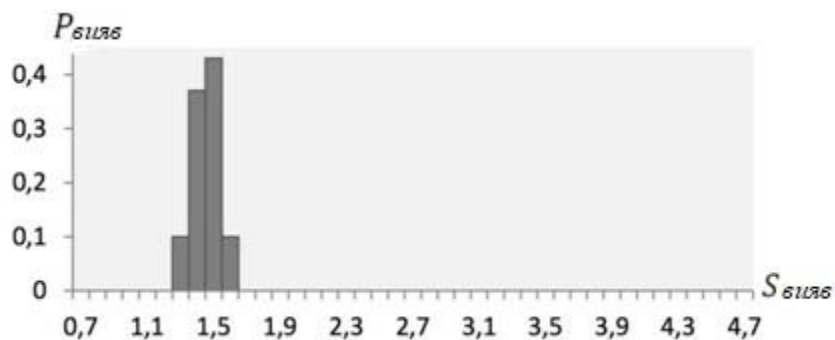
Рис. 3.10 Термограми прогріву зимової куртки

З вказаних термограм виходить, що зимова куртка успішно маскує тепло.

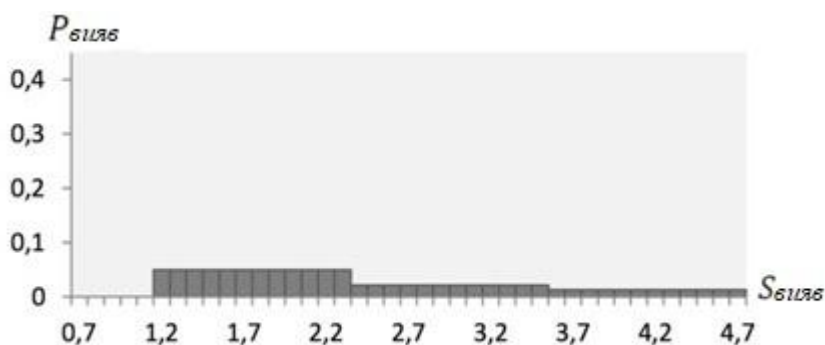
Таким чином, використання порушником навіть цивільного утепленого одягу істотно знижує його середню поверхневу температуру, а цього може виявитися досить, щоб залишитися непоміченим при короткочасному знаходженні всередині ДС сповіщувача.

Крім того, експериментально отримані дані дозволяють побудувати гістограми густини імовірності виявлення $P_{вияв}$ порушника залежно від пройденої ним в тангенціальному напрямку дистанції $S_{вияв}$ від границі виявлення до моменту

виявлення ПЧ сповіщувачем, при швидкості руху 1,5 м/с (рисунки 3.11(а) і 3.11(б)).



а)



б)

Рис. 3.11 Густина імовірності виявлення порушника при руху реальної цілі в тангенціальному напрямку зі швидкістю 1,5 м/с в сорочці с довгим рукавом (а) та зимовій куртці (б)

Приведені вище гістограми свідчать про те, що для упевненого виявлення ПЧ сповіщувачем порушника, що одягнений в повсякденний одяг і рухається в тангенціальному напрямку зі швидкістю 1,5 м/с, потрібна дистанція приблизно 1,2 – 1,6 м. При цьому найбільше значення достовірності виявлення приймає на дистанції в 1,5 м. В той же час, зовсім інший розподіл імовірності виявлення порушника ПЧ сповіщувачем має місце бути у разі застосування останнім маскуванню у вигляді зимової куртки. Зокрема, для останнього випадку значення достовірності виявлення стає у декілька разів нижче, проте можливість виявлення зберігається на дистанції 1,2 – 4,7 м, тобто дистанція виявлення має більшу протяжність.

На підставі вищевикладеного можна відмітити, що в третьому розділі:

- а) проаналізовані різні чинники, що безпосередньо впливають на значення достовірності виявлення порушника ПЧ сповіщувачем;
- б) проаналізовані типові моделі порушників СОТЗ з різною мірою підготовки;
- в) отримані термограми і виконаний аналіз розподілу потужності теплового випромінювання по тілу порушника;
- г) проаналізовані можливі способи маскуваня порушником ділянок тіла з найбільшою (у ІЧ спектрі) випромінювальною здатністю;
- д) досліджений, зокрема, вплив пасивних дій порушників СОТЗ на імовірність виявлення ПЧ сповіщувачем, у тому числі, з урахуванням можливих способів зниження порушником помітності в ІЧ діапазоні

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ДОСТОВІРНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ПОРУШНИКА ПІЧ СПОВІЩУВАЧАМИ В СОТЗ

4.1 Розробка методики оцінки достовірності виявлення порушника ПІЧ сповіщувачами в СОТЗ

Для оцінки ефективності ПІЧ сповіщувачів в СОТЗ видається доцільним вирішення задачі кількісної оцінки достовірності виявлення таких пристроїв в різних умовах реалізації НП. Це дозволить коректніше вирішувати завдання аналізу і синтезу структури засобів виявлення даних загроз і оцінки їх ефективності.

Як уже згадувалося, достовірність виявлення $\hat{P}_{вияв}$ НП залежатиме від координат точки входу порушника в зону виявлення, тривалості знаходження порушника у вказаній зоні, швидкості і траєкторії його руху, умов довкілля і деяких інших випадкових параметрів.

Проте вищезгадані методики [7,9] проведення випробувань ПІЧ сповіщувачів не враховують велику частину вказаних чинників. Зокрема, ні один з розглянутих стандартів не враховує, по-перше, вимог до обов'язкового руху мети, щонайменше, в трьох основних напрямках (радіальному, тангенціальному і діагональному) і, по-друге, імовірнісний підхід до виявлення порушника в цілому. З урахуванням цього факту, видається доцільним перехід від кількісної методики оцінки достовірності виявлення до імовірнісної методики оцінки можливості виявлення ПІЧ сповіщувачем НП незалежно від напрямку і швидкості руху цілі.

Основна перевага, яку повинна забезпечити методика оцінки достовірності виявлення, що розробляється, полягає в тому, що за допомогою такої методики можна оцінити значення достовірності виявлення порушника ПІЧ сповіщувачем стосовно заздалегідь визначених розмірів контрольованої сповіщувачем зони.

З цією метою, ґрунтуючись на вказаному в національному стандарті методі проведення випробувань рухом, можна говорити про пройдену порушником

дистанцію $X_{вияв}$ від точки входу x_0 в зону виявлення (коли починається дія на контрольований сповіщувачем фізичний параметр) до точки $x_{вияв}$ виявлення порушника ПЧ сповіщувачем при квазістаціонарній, тобто близькою до постійної, швидкості його руху. Оцінка такої випадкової величини, як значення $\hat{P}_{вияв}$ достовірності виявлення несанкціонованого проникнення, може бути отримана на основі використання закону розподілу $F(x_{вияв})$ дистанції $X_{вияв}$ виявлення (тобто шляху, пройденого порушником по зоні виявлення). У свою чергу, оцінка закону розподілу (зокрема, густини $\rho(x_{вияв})$ імовірності виявлення) і його числових характеристик може бути отримана на основі експериментальних досліджень з подальшою апроксимацією отриманих в результаті експерименту вибірових оцінок.

Таким чином, достовірність $\hat{P}_{вияв}$ виявлення порушника порушника в деякій зоні можна охарактеризувати за допомогою наступної формули:

$$\hat{P}_{вияв} = \int_{X_0}^{X_{вияв}^{max}} \rho(x_{вияв}) * dx_{вияв} \quad (4.1)$$

тобто інтегралом від густини імовірності дистанції виявлення порушника від точки x_0 входу в зону виявлення до максимально допустимої дистанції виявлення.

Для випадку тангенціального напрямку руху цілі така відстань, відповідно до стандарту складає 3 м.

Помітимо, що з виразу (4.5) виходить, що внаслідок якого-небудь обмеження розмірів зони виявлення відбувається помітне зменшення значення достовірності виявлення $\hat{P}_{вияв}$, що неминуче пов'язане зі збільшенням імовірності пропуску цілі.

Оскільки при цьому верхня границя $X_{вияв}^{max}$ інтегрування стає фіксованою

$X_{вияв}^{max} = X_{зони}$, що визначається розміром (протяжністю) $X_{зони}$ зони виявлення, обмеженою, наприклад розмірами приміщення.

Очевидно, що при цьому у будь-якому випадку мінімальний розмір зони

виявлення не повинен бути менший за потрібний, тобто значення $X_{зон}$ не має бути меншим, ніж $X_{вияв}^{max}$, визначуваного технічними параметрами конкретного ПЧ сповіщувача. Таким чином, в ідеальному випадку $X_{зон} \gg X_{вияв}^{max}$. Наприклад, якщо сповіщувач, що контролює коридор, вимагає по технічній документації для виявлення перетину не менше двох пар променів ДС, а маршрут зловмисника дозволяє, рухаючись упоперек, перетнути тільки одну пару променів, то виявлення стає практично неможливим.

Крім того, цю методику можна використати в завданнях, пов'язаних з аналізом надійності СОТЗ, що використовують в якості засобів виявлення руху ПЧ сповіщувачі, і, отже, з підвищенням ефективності її ефективності на ОІД. Наприклад, при зміні такого параметра ПЧ сповіщувача, як чутливість, відбувається зміна розмірів зони виявлення. При зменшенні чутливості в порівнянні з початковою площа вказаної зони зменшується, при збільшенні - збільшується. На практиці, чутливість ПЧ сповіщувача найчастіше знижують, щоб зменшити число хибних трививожних сповіщень. Внаслідок чого, зі зменшенням площі зони виявлення зменшується і значення достовірності виявлення, аж до повної втрати можливості надійного виявлення [59].

Таким чином, за допомогою цієї методики можна виявити межі зони виявлення, за межами яких ПЧ сповіщувач не вирішує поставлене перед ним завдання по виявленню порушника. Подібний підхід може бути також використаний для деяких інших типів сповіщувачів руху, наприклад, радіохвильових та ультразвукових.

4.2. Умови проведення лабораторних досліджень

В якості зразків для експериментальних досліджень були обрані одні з найпоширеніших моделей ПЧ сповіщувачів, які використовуються в СОТЗ на ОІД.

В якості випробувальної лабораторії було вибрано закрите приміщення, в якому :

- а) були відсутні джерела теплового випромінювання;
- б) були відсутні протяги;
- в) температура повітря (температура фону) складала 25 °С

г) розміри вказаного приміщення по трьох вимірах перевищували просторові розміри ДС випробовуваних ПЧ сповіщувачів. Що стосується самих ПЧ сповіщувачів, то вони:

- а) встановлювалися на стенд, що вільно стоїть, на рекомендованій виробником висоті;
- б) були підключені до мережі електроживлення;
- в) були підключені до системи моніторингу;
- г) знаходилися в режимі "ОХОРОНА".

Як ціль використовувалася людина одягнена в джинсові штани і бавовняну сорочку з довгим рукавом, зріст 187 см і масою тіла 89 кг.

Зрозуміло, що рівень теплового випромінювання такої цілі буде досить високий, внаслідок чого матиме місце, у прямому розумінні, яскраво виражений температурний контраст між вказаною ціллю і фоном. На підставі цього можна припустити, що ПЧ сповіщувачі швидко і упевнено виявлятимуть рух вказаної цілі.

Запропонована методика проведення випробувань ПЧ сповіщувачів не передбачає можливості застосування порушником різних прийомів та засобів для зниження рівня теплового випромінювання. Це обумовлено тим, що якісне маскування ПЧ випромінювання тіла, яке може бути виконано, щонайменше, підготовленим або висококваліфікованим порушником, по суті справи повністю усуне температурний контраст між фоном і ціллю, внаслідок чого рух зловмисника в межах ДС ПЧ сповіщувача не супроводжуватиметься відповідними змінами сигналу на виході піроприймача, що входить до складу ПЧ сповіщувача. Іншими словами, такий тип пасивної дії як маскування теплового випромінювання, робить ПЧ сповіщувач даремним для виявлення порушника, що застосовує вказаний тип

дії. Усунути цей недолік за допомогою сповіщувача з єдиним ПЧ каналом виявлення не видається можливим. Для цього необхідно забезпечити мінімум два канали виявлення руху, принцип дії одного з яких не заснований на реєстрації рівня ГЧ випромінювання.

Випробування кожного ПЧ сповіщувача складало серію імітованих НП при різних параметрах (напрямок і швидкість) руху цілі:

а) радіальний, тобто рух цілі вздовж променя ДС або між двома сусідніми променями ДС в напрямку на сповіщувач;

б) тангенціальний, тобто рух цілі перпендикулярний до радіального напрямку.

Рух цілі по контрольованому випробовуванню ПЧ сповіщувачем простору здійснювався з трьома контрольними значеннями швидкості - 0,3 / 1,5 / 3,0 м/с.

Таким чином, кожне НП полягає в руху цілі (людини) по одному із заданих напрямків із заданою швидкістю від початку зони виявлення до моменту видачі сигналу тривоги сповіщувачем. Індикатором сигналу тривоги при цьому є звукова сирена, підключена до шлейфу сигналізації ПЧ сповіщувача. У момент спрацьовування сирени, ціль припиняє рух, при цьому фіксується час, витрачений на виявлення цілі, і дистанція, що пройшла ціль по зоні до моменту виявлення. Між імітованими НП витримується необхідна для скидання піроприймачем накопиченого рівня сигналу пауза, тривалість якої складає приблизно 15-20 с.

Всього імітується по 100 НП для кожного напрямку і кожної швидкості руху цілі.

4.3. Результати лабораторних досліджень експериментальних зразків

ПЧ сповіщувачів

З метою верифікації запропонованої вище методики були проведені серії лабораторних випробувань двох зразків різних ПЧ сповіщувачів за вище вказаних умов. Нижче приведені отримані за результатами випробувань дані, представлені у вигляді гістограм.

Результати випробувань першого зразка приведені на рисунку 4.1, де показані гістограми (а, б, в) функції розподілу відстані виявлення, а також гістограми (г, д, е) густини імовірності відстані виявлення для випадку тангенціального напрямку руху цілі, як того вимагає національний стандарт.

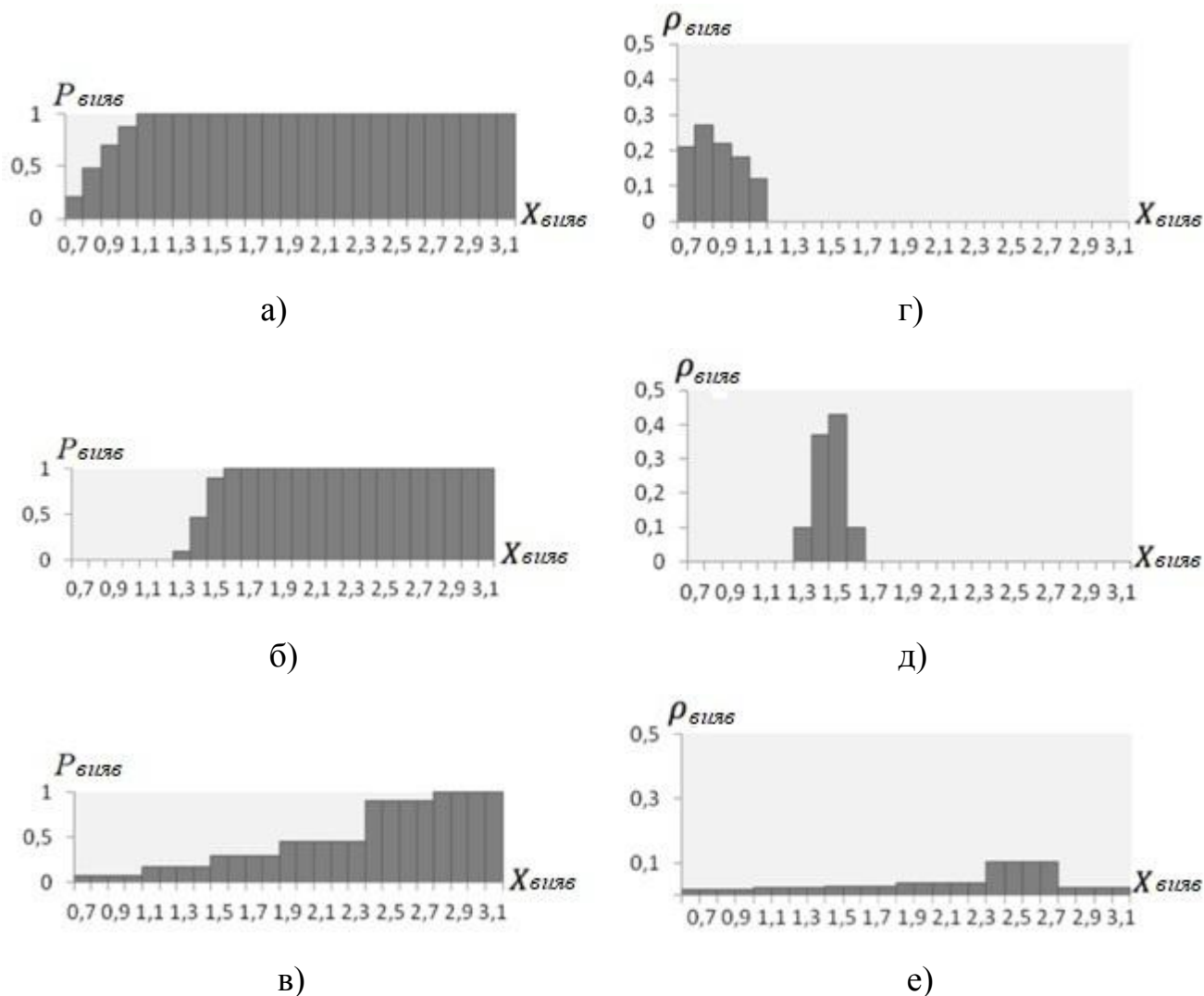


Рис. 4.1 - Функції розподілу (а) – (в) і густини імовірності (г) - (е) відстані виявлення для тангенціального напрямку руху цілі (перший зразок)

Дані гістограм на рисунку 4.1 (а, г) відповідають імовірнісним характеристикам виявлення порушника, що рухається зі швидкістю 0,3 м/с, на рисунку 4.1 (б, д) – із швидкістю 1,5 м/с, а на рисунку 4.1 (в, е) – зі швидкістю 3,0 м/с.

З приведених вище гістограм видно, що при руху цілі в тангенціальному напрямку, незалежно від швидкості, перший зразок ППЧ сповіщувача упевнено

реагує на імітоване НП, причому дистанція 2,8 м виявляється достатньою для виявлення порушника зі 100 % імовірністю ($\hat{P}_{вияв} = 1$).

Відповідні результати випробувань другого зразка приведені на рисунку 4.2

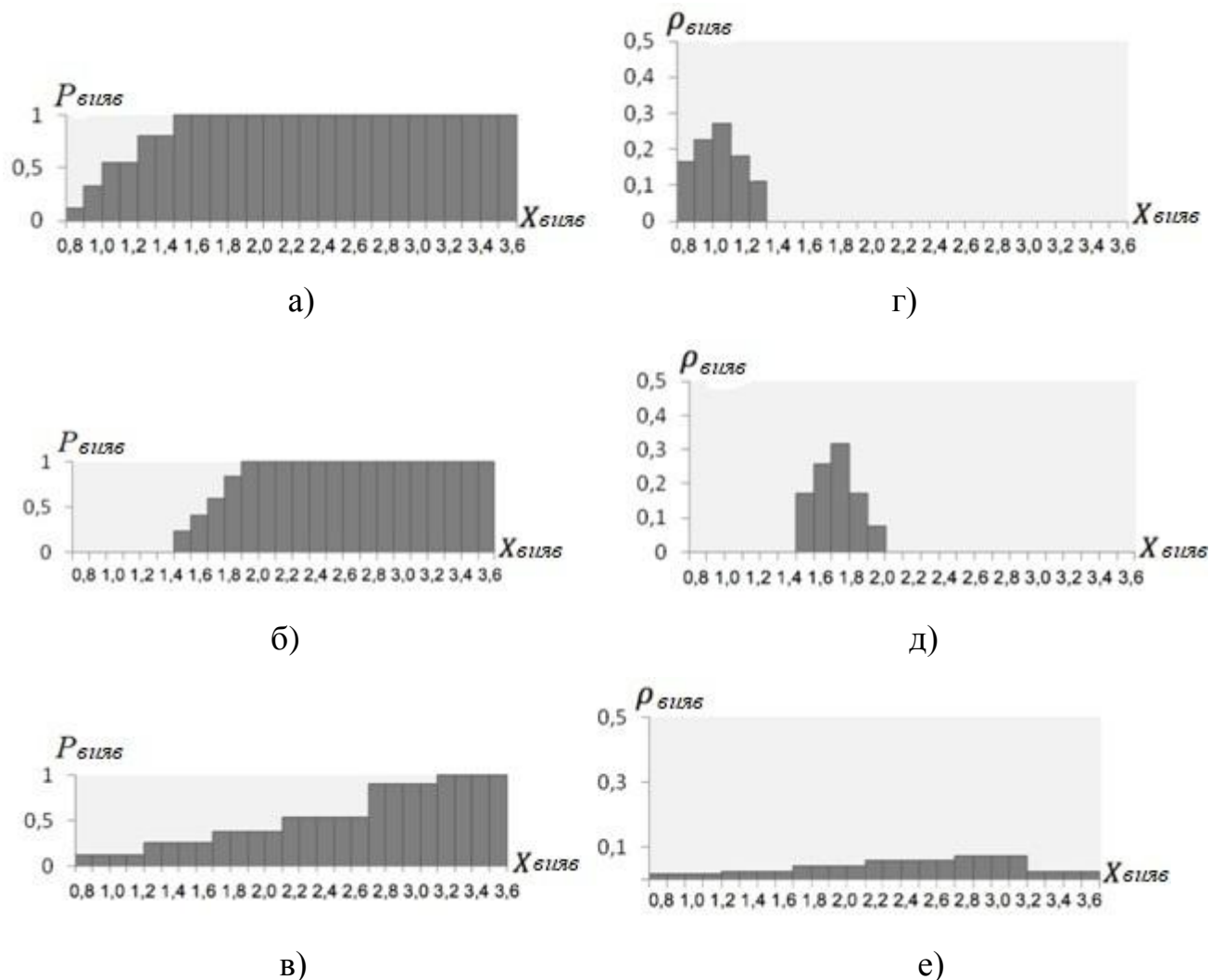


Рис. 4.2 – Функції розподілу (а) – (в) і густина імовірності (г) – (е) відстані виявлення для тангенціального напрямку руху цілі (другий зразок)

Можна зробити висновок про те, що другий зразок, також як і перший, упевнено реагує на імітоване НП, при цьому починаючи з дистанції 3,2 м для усіх швидкостей руху цілі вибіркоче значення $\hat{P}_{вияв}$ дорівнює одиниці.

Отримані результати свідчать про те, що при випробуванні ПЧ сповіщувачів на виявлення цілі, що рухається в тангенціальному напрямі, встановлені в національному стандарті вимоги повністю виконуються, при цьому вибіркоче

оцінка імовірності $\hat{P}_{вияв}$ виявлення для регламентованої стандартом відстані 3 м ($\pm 10\%$) дорівнює одиниці.

Результати випробувань першого зразка приведені на рисунку 4.3, де аналогічним чином показані гістограми (а, б, в) функції розподілу відстані виявлення, а також гістограми (г, д, е) густини імовірності відстані виявлення для випадку руху цілі в радіальному напрямку.

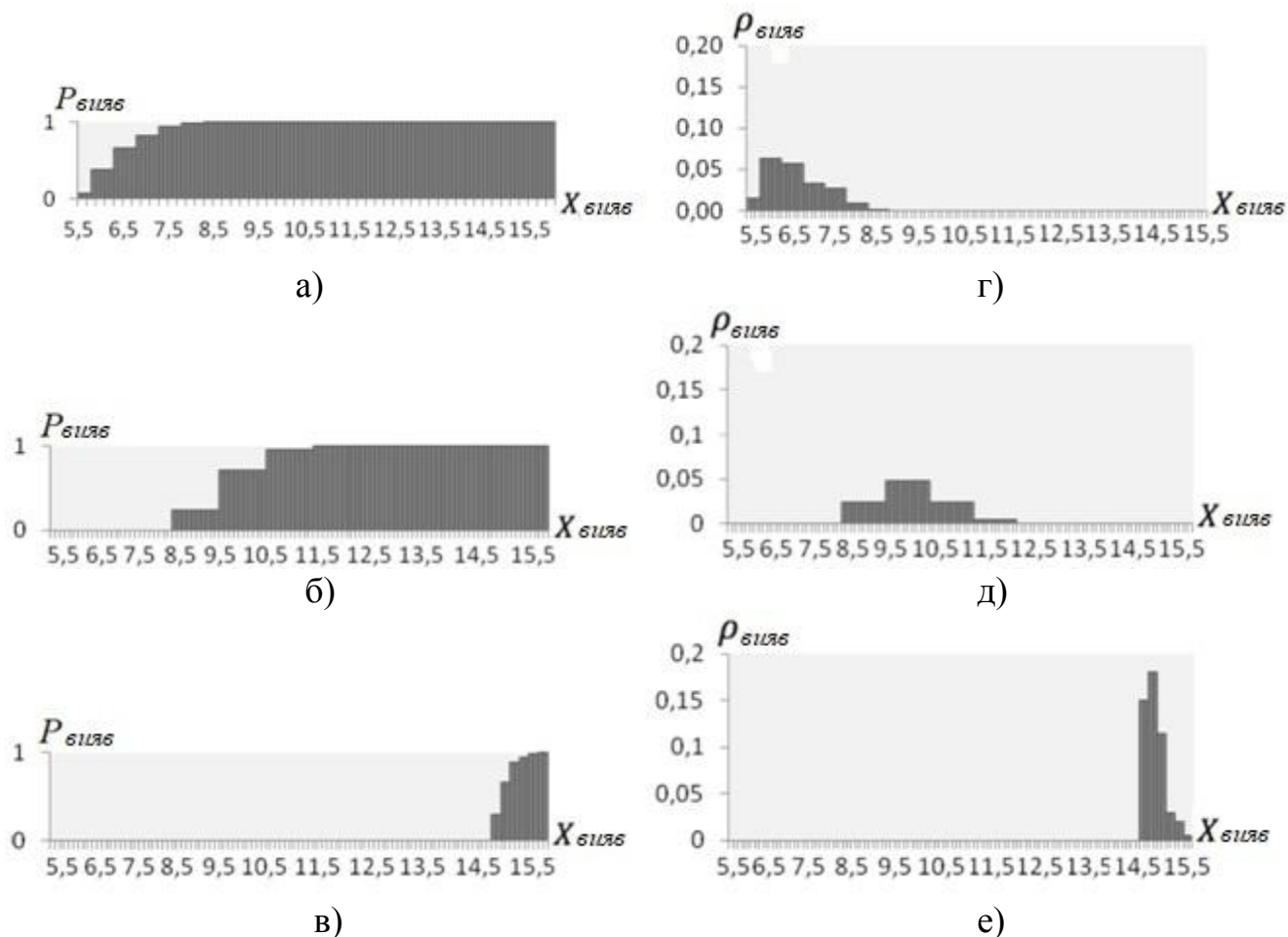


Рис. 4.3 – Функції розподілу (а) – (в) і густина імовірності (г) – (е) відстані виявлення для радіального напрямку руху цілі (перший зразок)

Дані гістограм на рисунку 4.3 (а, г) відповідають імовірнісним характеристикам виявлення НП цілі, що рухається зі швидкістю 0,3 м/с, на рисунку 4.3 (б, д) – зі швидкістю 1,5 м/с, а на рисунку 4.3 (в, е) – зі швидкістю 3,0 м/с.

Відповідні результати випробувань другого зразка приведені на рисунку 4.4

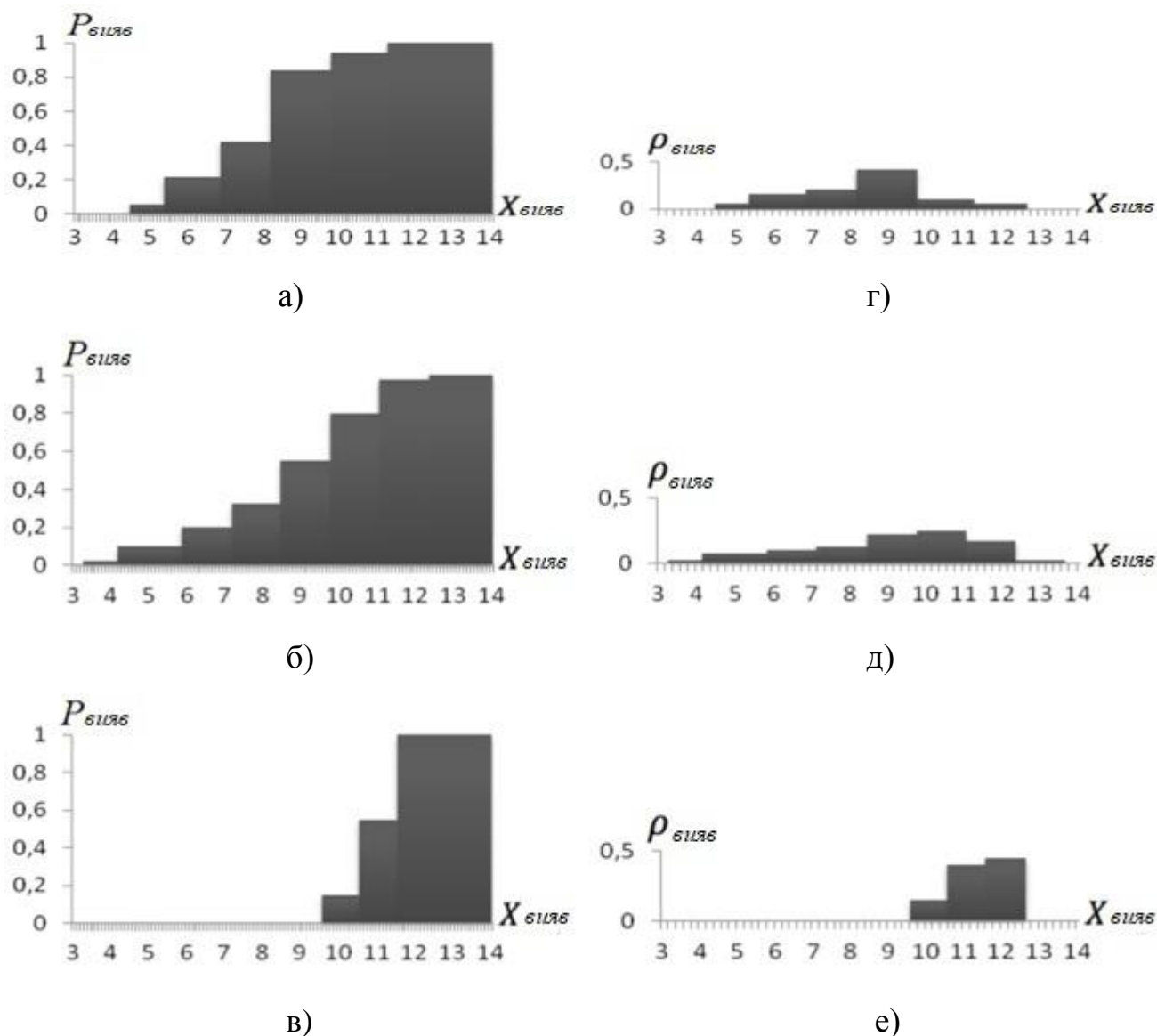


Рис. 4.4 – Функції розподілу (а) – (в) і густина імовірності (г) – (е) відстані виявлення для радіального напрямку руху цілі (другий зразок)

Таким чином, можна зробити висновок про те, що рух порушника в радіальному напрямку пов'язаний з істотним збільшенням дистанції, яку порушник встигає пройти по зоні виявлення до моменту його виявлення. Як наслідок, зі збільшенням пройденої дистанції, відбувається зменшення достовірності виявлення порушника при радіальному напрямі руху.

На підставі вище викладеного можна відмітити, що в четвертому розділі:

а) запропонована нова методика проведення випробувань ПЧ сповіщувачів, яка враховує згадані вище чинники, що впливають на значення достовірності виявлення порушника ПЧ сповіщувачами в СОТЗ на ОІД;

б) виконані експериментальні дослідження різних типів ПЧ сповіщувачів, за результатами яких зроблений висновок про вразливість вказаних сповіщувачів у разі руху цілі в радіальному напрямі відносно променя ДС сповіщувача.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаних досліджень отримано результати, що дозволяють оцінити достовірність виявлення порушника ПЧ сповіщувачами в СОТЗ на ОІД. До основних результатів можна віднести наступні:

1. Виконано аналіз основних функціональних характеристик ПЧ сповіщувачів, визначені з них ті, що значною мірою впливають на достовірність виявлення порушника.

2. Виконано аналіз вимог до робочих характеристик ПЧ сповіщувачів і методик проведення їх випробувань, регламентованих в діючих державних та міжнародних стандартах України, країн Європи і США. Визначено, що існуючі методики оцінки ефективності виявлення ПЧ сповіщувачами порушника не враховують повною мірою реальні ситуації. Внаслідок цього сформульована і обґрунтована необхідність розробки нової методики оцінки достовірності виявлення порушника ПЧ сповіщувачами.

3. Досліджено моделі порушників та їхні термограми, проведено аналіз впливу пасивних дій на достовірність виявлення порушника ПЧ сповіщувачами.

4. Розроблено методику оцінки достовірності виявлення порушника ПЧ сповіщувачами в СОТЗ, що дозволяє об'єктивно оцінити достовірність виявлення порушника, не залежно від напрямку та швидкості його руху.

5. Проведено експериментальні за розробленою методики. Так, зокрема, отримані результати дозволяють стверджувати про істотне падіння достовірності виявлення підготовленого порушника, що знає принципи функціонування ПЧ сповіщувачів. Виходячи з цього являється доцільним використання значення достовірності виявлення в якості основного критерію оцінки ефективності ПЧ сповіщувачів, а також корегування існуючих методик проведення випробувань ПЧ сповіщувачів для оцінки достовірності виявлення підготовленого порушника в СОТЗ на ОІД.

Список використаних джерел

1. Broder J.F., Risk analysis and the security survey. – UK: Butterworth-Heinemann. – 1984. – 352 p.
2. ДСТУ EN 50131-2-2:2019 (EN 50131-2-2:2017, IDT) Системи тривожної сигналізації. Системи охоронної сигналізації. Частина 2-2. Сповіщувачі охоронні пасивні інфрачервоні
3. www.glolab.com/focusdevices/focus.html
4. Keller J. 30 Years of Passive Infrared Motion Detectors KUBE Electronics Ltd. – PH: Gossau. – 2000.
5. Трегубов А.В. Исследование возможности использования многоэлементных приемников теплового излучения в оптико-электронных датчиках: дис. магистра техники и технологии. – СПб НИУ ИТМО. – СПб. – 2013.
6. Rafique F., Siddiqui N. Parametric comparison of selected dual elements PIR sensors // SSU Res. J. of Engg. & Tech. – Vol. 2., No. 1. – 2012. – 7 p.
7. Андреев С.П. ИК-пассивные датчики охранной сигнализации // Специальная Техника. – №1. – 1998. <http://www.ess.ru>
8. Murata – Temperature Compensation Single Type Infrared Sensor / Murata Internationak Co.Ltd.// symmetron.ru/suppliers/murata/sensors/s21e2.pdf
9. Патент 5886632 США. Passive infrared motion detection circuit having four comparators / P. Shpater. – Опубл. 23.03.1999.
10. Европейский патент 0646901. Method for processing passive infrared detector signals and infrared detector for carrying out the method / P. Stierli. – Опубл. 05.04.1995.
11. EN 50131-2-2 Alarm systems – Intrusion systems – Part 2-2: Requirements for passive infrared detectors. – Approved 2008-05-01. – CENELEC.
12. UL 639 Standard for Intrusion-Detection Units. – Approved 2007-08-31.
13. UL 681 Standard for Installation and Classification of Burglar and Holdup Alarm Systems. – Approved 2014-01-16. – Underwriters Laboratories Inc.

14. Волхонский В.В., Крупнов А.Г. Особенности разработки структуры СО угроз охраняемому объекту // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2011. – № 4.

15. Волхонский В.В., Воробьев П.А., Трапш Р.Р. Критерии оценки эффективности функционирования оптико-электронных датчиков систем физической защиты // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2013. – № 3.

16. Ступак А.А., Шеблов В.А. Тактико-специальная подготовка частных охранников. Учебное пособие. – Омск.: Учебный центр «Блокпост». – 2009.

17. Билиженко И.В., Волхонский В.В., Трапш Р.Р. Анализ распределения уровня инфракрасного излучения нарушителя для задач обнаружения квалифицированного проникновения. Комплексная защита объектов информатизации и измерительные технологии. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб. – 2014.

18. Никитин В., Рывкин А., Чванов В. От анализа уязвимости – к синтезу системы // БДИ. – 2006. – № 5.

19. Позднов А.С. и др. Метод обнаружения и анализа собственного электромагнитного излучения человека в миллиметровом диапазоне длин волн / «ЖУРНАЛ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ». – Электрон. журн. – №10. – 2009. <http://jre.cplire.ru/mac/oct09/7/text.pdf>

20. Малышкин С.Л. Подход к оценке вероятности обнаружения угрозы интегрированной системой безопасности // Правове, нормативне та метрологічне за-беспечення системи захисту інформації в Україні. Київ. – 2015.