

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
(повне найменування факультету)

Кафедра обчислювальної техніки  
(повна назва кафедри)

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

### АУДІО-ВІЗУАЛЬНІ КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА МІСЦЕВОСТІ

Виконав: магістрант групи 2КІ-24м  
спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)  
Госєєв Гнідунець В.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ОТ  
Крупельницький Л.В.  
(прізвище та ініціали)  
«12» 12 2025 р.

Рецензент: доцент каф. ПЗ  
Войтко В.В.  
(прізвище та ініціали)  
«12» 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ОТ

д.т.н., проф. Азаров О.Д.

Азаров 15.12.2025 року

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

Кафедра обчислювальної техніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Галузь знань – 12 – Інформаційні технології

Спеціальність – 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ

д.т.н., проф. Азаров О.Д.

«25» 09 2024 року

### ЗАВДАННЯ

#### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту Гнідунцю Володимиру Олексійовичу

1 Тема роботи: «Аудіо-візуальні комп'ютерні засоби розпізнавання об'єктів на місцевості», керівник роботи Крупельницький Л.В. к.т.н., доц., доцент кафедри ОТ затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.09.2025 року № 313

2 Термін подання студентом роботи 04.12.2025 р.

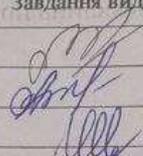
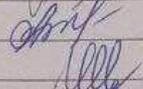
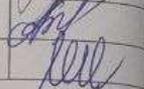
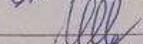
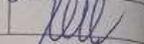
3 Вихідні дані до роботи: пристрій для запису відео і аудіо інформації, з можливістю перебувати в умовах зовнішнього середовища. Необхідна можливість виведення інформації в локальну мережу і в мережу Інтернет.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки: вступ, огляд і аналіз засобів для збирання візуальної та акустичної інформації, проектування структури та вибір елементів системи, налаштування роботи системи відео та аудіонагляду, тестування системи та інструкція по користуванню системою, економічне обґрунтування розробки, висновки, перелік джерел посилання, додатки.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): функціональна схема системи відео і аудіо спостереження, розташування камер відеонагляду.

6 Консультанти розділів роботи приведені в таблиці 1

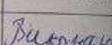
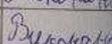
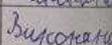
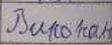
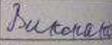
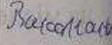
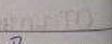
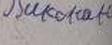
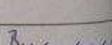
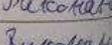
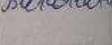
Таблиця 1 — Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	к.т.н., доцент каф. ОТ, Крупельницький Л.В.		
5	к.т.н., доцент кафедри ЕПВМ, Адлер О.О.		
Нормконтроль	асистент кафедри ОТ, Швець Сергій Ілліч		

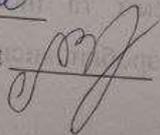
7 Дата видачі завдання 25.09.2025 р.

8 Календарний план виконання БДР наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 — Календарний план

№	Назва етапів МКР	Строк виконання	Підпис
1	Вибір, узгодження та затвердження теми МКР	30.09.2025	
2	Огляд і аналіз засобів для збирання інформації	04.10.2025	
3	Пошук необхідних компонентів та пристроїв	11.10.2025	
4	Об'єднання частин для створення системи спостереження	17.10.2025	
5	Налаштування даної системи	22.10.2025	
6	Перевірка роботи системи відео і аудіонагляду та виправлення помилок	28.10.2025	
7	Оформлення роботи у вигляді пояснювальної записки та презентації	04.11.2025	
8	Перевірка виконаної роботи	07.11.2025	
9	Остаточні виправлення, збирання підписів та зшивання роботи	10.11.2025	
10	Попередній захист проєкту та його рецензування	11.11.2025	
11	Захист МКР	22.12.2025	

Студент Гзсал

Керівник роботи 

Гнідунець В.О.

Крупельницький Л.

## АНОТАЦІЯ

УДК 004.3

Гнідунець В.О. Аудіо-візуальні комп'ютерні засоби розпізнавання об'єктів на місцевості. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 — Комп'ютерна інженерія, освітня програма — Комп'ютерна інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2025. На укр. мові. Бібліогр.: 30 назв; рис.: 31; табл. 9.

У даній магістерській кваліфікаційній роботі було розглянено засоби розпізнавання об'єктів на місцевості та зроблена система для розпізнавання об'єктів за допомогою аудіо і відеоінформації. В даній системі організований вивід аудіо і відео інформації з камер і мікрофонів в локальну і глобальну мережу інтернет. В основній частині було описано засоби та методи для збору інформації про місцевість для подальшого аналізу даної інформації та обґрунтовано доцільність розробки даної систем.

У процесі дослідження використовувалися різноманітні методи для проведення дослідження, забезпечення всебічного аналізу і отримання надійних результатів. Було проведено детальне вивчення технічної документації та існуючих рішень у сфері систем відео і аудіонагляду. Проведено попереднє планування і розрахунки з метою передбачення поведінки системи. Здійснено практичні випробування обраних компонентів у реальних умовах експлуатації.

Ключові слова: камера, мікрофон, відеореєстратор, відеонагляд.

## ABSTRACT

UDC 004.3

Gnidunets V.O. Audio-visual computer tools for recognizing objects in the field. Master's thesis in the specialty 123 — Computer Engineering, educational program — Computer Engineering. Vinnytsia: VNTU, 2025. In Ukrainian. Bibliography: 30 titles; figs.: 31; tables: 9.

This master's thesis examines methods for recognizing objects in the field and describes a system for recognizing objects using audio and video information. This system organizes the output of audio and video information from cameras and microphones to local and global Internet networks. The main part describes the means and methods for collecting information about the terrain for further analysis of this information and justifies the feasibility of developing this system.

During the research, various methods were used to conduct the study, ensure comprehensive analysis, and obtain reliable results. A detailed study of technical documentation and existing solutions in the field of video and audio surveillance systems was carried out. Preliminary planning and calculations were performed to predict the behavior of the system. Practical tests of selected components were carried out in real operating conditions.

Keywords: camera, microphone, video recorder, video surveillance.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ТА АКУСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ .....</b>	<b>10</b>
1.1 Сфери застосування по збору візуальної і акустичної інформації.....	10
1.2 Аналіз засобів для збирання візуальної інформації.....	15
1.3 Аналіз засобів для збирання акустичної інформації .....	24
<b>2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА МІСЦЕВОСТІ .....</b>	<b>28</b>
2.1 Методичні принципи аудіо-візуальних систем розпізнавання об'єктів .....	28
2.2 Моделі комплексної взаємодії компонентів системи відео- та аудіоаналізу .	33
2.3 Теоретичний огляд елементів комплексної систем розпізнавання .....	37
<b>3 НАЛАШТУВАННЯ АУДІО-ВІЗУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ .....</b>	<b>64</b>
3.1 Інженерні розрахунки параметрів зон відео та аудіомоніторингу .....	64
3.2 Інсталяція та первинне налаштування програмно-апаратного комплексу....	67
3.3 Методика конфігурування програмного забезпечення.....	70
<b>4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ.....</b>	<b>73</b>
4.1 Експериментальний аналіз результатів дослідного впровадження системи. .	73
4.2 Алгоритмічні аспекти використання програмного забезпечення .....	74
4.3 Практичні особливості експлуатації акустичного аналізатора .....	81
<b>5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>83</b>
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості. ....	83
5.2 Розрахунок витрат на здійснення розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості .....	85
5.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості за її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	91
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>96</b>

<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....</b>	<b>97</b>
<b>ДОДАТОК А Технічне завдання.....</b>	<b>100</b>
<b>ДОДАТОК Б ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....</b>	<b>104</b>
<b>ДОДАТОК В Функціональна схема.....</b>	<b>105</b>
<b>ДОДАТОК Г Схема розташування камери варіант 1 .....</b>	<b>106</b>
<b>ДОДАТОК Д Схема розташування камери варіант 2 .....</b>	<b>107</b>
<b>ДОДАТОК Е Схема розташування камери варіант 3 .....</b>	<b>108</b>
<b>ДОДАТОК Ж Схема розташування камери варіант 4 .....</b>	<b>109</b>

## ВСТУП

Аудіо-візуальні засоби розпізнавання об'єктів на місцевості стають все більш важливими у сучасному світі, особливо в контексті безпеки, моніторингу та автоматизації. В умовах постійного зростання кількості інформації, яку необхідно обробляти в реальному часі, високоякісне апаратне забезпечення відіграє вирішальну роль.

**Актуальність теми кваліфікаційної роботи** зумовлена необхідністю інтеграції таких систем у різні сфери життя, від промисловості до побуту. З розвитком технологій та смарт-систем, якісне апаратне забезпечення стає критично важливим для забезпечення роботи комплексних систем, що збирають та обробляють великі обсяги даних. Інновації в даній області дозволяють створювати більш точні та ефективні системи, що можуть працювати в різноманітних умовах та забезпечувати високу якість результатів.

**Метою даної роботи** є теоретичний огляд та створення аудіо-візуальної комп'ютерної системи розпізнавання об'єктів на місцевості з підвищеною функціональністю.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести огляд сучасних засобів збору візуальної та акустичної інформації та їх можливого використання;
- провести теоретичне обґрунтування комплексного підходу до розпізнавання об'єктів на місцевості;
- встановити апаратну частину системи та провести налаштування для коректної роботи;
- провести тестування системи.

**Об'єкт дослідження** – процеси формування системи розпізнавання аудіо і відео інформації.

**Предмет дослідження** – система відео і аудіонагляду для розпізнавання об'єктів на місцевості.

**Новизна** полягає у розширенні функціональних можливостей за рахунок комплексного поєднання сенсорних елементів системи та компонентів збору, обробки та зберігання даних.

**Практичне значення** роботи полягає у можливості застосування запропонованої моделі аудіо-візуальної системи як інженерної основи для розроблення, тестування та верифікації програмних засобів розпізнавання об'єктів у реальних умовах.

Планується апробація розробленої системи на практиці шляхом тестування її здатності надання якісної відео і аудіо інформації у реальних часі.

За результатами дослідження було **опублікована** 1 теза [1]:

Аудіо-візуальні комп'ютерні засоби розпізнавання об'єктів на місцевості [Текст] / Гнідунець В.О., Крупельницький Л. В. // Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2025): Тез. доп. – Вінниця, 2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2026/paper/view/26701>

# 1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ТА АКУСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

## 1.1 Сфери застосування по збору візуальної і акустичної інформації

У сучасному світі комп'ютерні системи для обробки та інтерпретації даних з навколишнього середовища набули масштабного поширення та стали невід'ємною складовою технологічного прогресу. Ключовою частиною таких систем виступають датчики та сенсори, що забезпечують збір первинної інформації. Ці пристрої характеризуються значною різноманітністю: вони відрізняються за природою фіксованих даних, сферою застосування та рівнем точності вимірювань. У межах даної магістерської кваліфікаційної роботи увагу зосереджено виключно на пристроях фіксації візуального та звукового контенту, зокрема відеокамерах та мікрофонах.

Завдяки здатності здійснювати безперервний моніторинг визначеної території за будь-яких метеорологічних умов, відеокамери та мікрофони широко застосовуються в системах спостереження. На відміну від людського персоналу, ці технічні засоби забезпечують цілодобове функціонування без необхідності ротації операторів, облаштування спеціальних приміщень для відпочинку чи створення комфортних умов праці.

Крім того, технічні засоби спостереження характеризуються незмінною концентрацією уваги та об'єктивністю фіксації подій. Людський фактор може призводити до суб'єктивної інтерпретації ситуації, коли оператор свідомо чи несвідомо може повідомляти про неіснуючі інциденти або пропускати реальні події. Додатковою перевагою камер і мікрофонів є їхні компактні габарити, що дозволяють розміщувати обладнання у важкодоступних для людини локаціях.

Серед обмежень відеокамер та мікрофонів слід відзначити їхню суто спостережну функцію. У ситуаціях, що вимагають активного втручання, технічні засоби залишаються пасивними, тоді як людина може безпосередньо реагувати на події. Відеокамера без інтеграції зі спеціалізованими системами комп'ютерного аналізу не здатна самотійно інтерпретувати зафіксовані дані та,

відповідно, не може ініціювати оперативну передачу критичної інформації відповідним службам.

Таким чином, камери використовуються для постійного моніторингу території або об'єктів, які потребують постійного спостереження. Спектр сфер, для яких ці властивості необхідні, величезний (рис. 1.1).

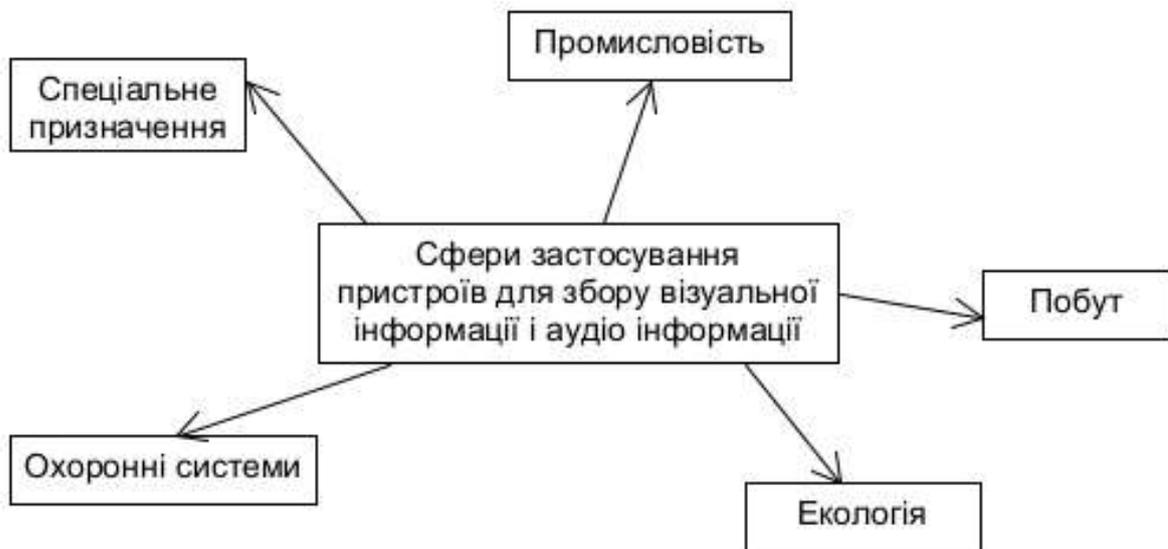


Рисунок 1.1 — Сфери застосування пристроїв для збору візуальної та аудіо інформації

Однією з найпоширеніших галузей застосування відеокамер та мікрофонів є різноманітні системи безпеки та охорони. При забезпеченні захисту периметра чи конкретного об'єкта критично важливою є можливість документування подій, що відбуваються. Навіть при базовій конфігурації камери та мікрофони здатні реєструвати всі події на контрольованій території, що надалі дозволяє проводити ретроспективний аналіз інцидентів, ідентифікувати порушників та розробляти превентивні заходи для запобігання аналогічним випадкам несанкціонованого проникнення в майбутньому. [2]

Проте функціональність відеокамер та мікрофонів не обмежується лише архівуванням інформації. За умови організації безперервного моніторингу відеопотоків та аудіосигналів оператором або інтеграції зі спеціалізованою

комп'ютерною системою, здатною розпізнавати людей, тварин, транспортні засоби та інші об'єкти, стає можливим оперативне виявлення фактів порушення режиму охорони.

Відеокамери та мікрофони також застосовуються для контролю діяльності персоналу на об'єктах з обмеженим доступом. Оскільки працівники можуть мати диференційовані рівні допуску до різних зон та ресурсів, системи відеоспостереження дозволяють виявляти порушення встановленого режиму, такі як несанкціоноване перебування у заборонених приміщеннях, спроби доступу до конфіденційної інформації поза межами їхніх повноважень або недотримання регламентованих процедур виконання службових обов'язків.

Промислові підприємства також широко використовують відеокамери та мікрофони як для забезпечення безпеки, так і для оптимізації виробничих процесів. Об'єкти підвищеної небезпеки потребують безперервного технічного нагляду за допомогою аудіо-візуальних засобів. До таких об'єктів належать вибухонебезпечні установки, сховища токсичних та хімічно активних речовин, пожежонебезпечне обладнання тощо. Враховуючи, що відхилення у функціонуванні цих об'єктів можуть становити загрозу не лише для самого підприємства, а й для довкілля, прилеглих населених пунктів, а в окремих випадках навіть для глобальної екосистеми, постійний моніторинг за допомогою камер та мікрофонів є критично важливим превентивним заходом.

У разі виникнення аварійних ситуацій або техногенних катастроф відеозаписи надають цінну інформацію про поточний стан на місці інциденту та передаварійні події. Це забезпечує можливість більш ефективного реагування на надзвичайну ситуацію, локалізації її наслідків та проведення детального розслідування причин аварії. Аналіз зафіксованої інформації дозволяє встановити послідовність подій, ідентифікувати критичні фактори та розробити комплекс коригувальних заходів для мінімізації ризиків виникнення аналогічних інцидентів як на діючих, так і на новозбудованих промислових об'єктах. [3]

Відеокамери широко застосовуються зоологами, ботаніками та іншими фахівцями природничих наук для дослідження дикої природи. Ключовою

перевагою є можливість здійснювати тривале спостереження за певною територією без фізичної присутності дослідників, що мінімізує антропогенний вплив на екосистему. Камери встановлюються в природних заповідниках, лісових масивах, саванах та інших біотопах для моніторингу розвитку рослинного покриву, вивчення поведінкових патернів тварин, відстеження міграційних маршрутів фауни, дослідження морфологічних особливостей організмів та їхньої взаємодії з довкіллям. Такий підхід також дозволяє фіксувати динамічні зміни в екосистемах, включаючи коливання чисельності популяцій, виявлення видів, що вважалися зниклими, або документування остаточного зникнення певних біологічних таксонів.

Системи відеоспостереження також використовуються для метеорологічного моніторингу та раннього виявлення природних катаклізмів, зокрема лісових пожеж. Це забезпечує можливість оперативного реагування для мінімізації або локалізації негативного впливу стихійних лих на біологічне різноманіття контрольованої території.

У побуті камери та мікрофони виконують різноманітні функції, спрямовані на підвищення рівня безпеки, комфорту та зручності мешканців. Домашні системи безпеки з відеокамерами дозволяють ідентифікувати потенційні загрози, такі як спроби несанкціонованого проникнення або крадіжки майна. Обладнання встановлюється як по периметру будівлі, так і у внутрішніх приміщеннях для комплексного контролю ситуації.

Відеоспостереження також застосовується для нагляду за особами, які потребують сторонньої допомоги у повсякденному житті, зокрема малолітніми дітьми, людьми похилого віку або особами з інвалідністю. Батьки або опікуни отримують можливість дистанційно контролювати стан підопічних навіть під час своєї відсутності, наприклад, перебуваючи на робочому місці. Це є особливо актуальним для працюючих батьків, які не мають можливості залучати родичів чи найманий персонал для догляду. Камери дозволяють перевіряти безпеку дітей під час їхніх ігор у віддалених кімнатах або на подвір'ї, забезпечуючи батькам психологічний комфорт. Аналогічно, для літніх родичів, які потребують

систематичного догляду або медичного спостереження, камери та мікрофони стають ефективним інструментом дистанційного моніторингу їхнього фізичного та психологічного стану.

Наявність аудіо-візуального обладнання надає родичам або опікунам можливість відстежувати поведінкові патерни підопічних та забезпечувати невідкладне втручання в критичних ситуаціях. Для осіб з інвалідністю камери та мікрофони виконують розширений спектр функцій: окрім вищезазначених переваг спостереження, вони слугують інструментом контролю за виконанням медичних процедур, що гарантує адекватність та своєчасність терапевтичних заходів і догляду. Зокрема, для пацієнтів з епілепсією система відеоспостереження може забезпечити оперативне надання допомоги під час епілептичного нападу. [4]

Для всіх категорій осіб, що перебувають під наглядом, присутність камер та мікрофонів створює відчуття психологічного комфорту через усвідомлення можливості постійного моніторингу стану близьких або власної безпеки з гарантією швидкого реагування в надзвичайних обставинах. Водночас такі системи сприяють підвищенню рівня автономності підопічних, надаючи їм додатковий ступінь контролю над власним життєвим простором та позитивно впливаючи на їхнє психоемоційне самопочуття.

Існують специфічні застосування камер та мікрофонів, які складно класифікувати в межах однієї функціональної категорії. У медичній галузі, окрім традиційного спостереження за пацієнтами, персоналом та забезпечення безпеки медичних закладів, відеокамери та мікрофони інтегровані в діагностичні та терапевтичні процедури. Вони є невід'ємним компонентом численних пристроїв для візуалізації внутрішніх органів, зокрема ендоскопічного обладнання, що використовується при колоноскопії та широкому спектрі інших інвазивних діагностичних маніпуляцій, де мініатюрна відеокамера становить основний функціональний елемент.

Дерматологи застосовують спеціалізовані камери для детального аналізу шкірних новоутворень та оцінки їхньої потенційної малігнізації. Хірургічні

роботизовані комплекси, відомі як "робохірурги", хоча й не набули масового поширення, вже активно використовуються у клінічній практиці та мають підготовлених фахівців. Ці системи надають можливість хірургу виконувати операційні втручання на пацієнтах, які перебувають на значній географічній відстані від оператора.

У таких роботизованих системах відеокамера є критично важливим компонентом, оскільки забезпечує хірурга візуальною інформацією про операційне поле та дозволяє контролювати результати маніпуляцій в режимі реального часу. Найбільш технологічно досконалими є автоматизовані нейрохірургічні роботи. Наприклад, компанія Neuralink розробила роботизовані системи, здатні виконувати імплантацію електродів у мозкову тканину з високою точністю, мінімізуючи ризики для здоров'я пацієнта та забезпечуючи функціональність нейроінтерфейсу. Функціонування таких роботів неможливе без відеокамер, що постачають візуальні дані для навігації та контролю процедури.

Мікрофони також відіграють суттєву роль у медичній діагностиці та моніторингу. Оскільки багато патологічних станів супроводжуються специфічними акустичними проявами, атиповими для здорового організму, мікрофони дозволяють фіксувати та архівувати ці звукові сигнали для подальшого аналізу на предмет наявності характерних для певних захворювань акустичних маркерів. В ультразвуковій діагностиці приймальним елементом виступає мікрофон ультразвукового діапазону частот, без якого функціонування апарату є технічно неможливим.

## 1.2 Аналіз засобів для збирання візуальної інформації

Для збору візуальної та акустичної інформації найчастіше використовуються камери відеоспостереження, які є найпоширенішим типом такого обладнання. Камера відеоспостереження являє собою комплексний пристрій, що включає відеокамеру та, як правило, мікрофон, які монтуються на стаціонарних конструкціях (будівлях, опорах, стовпах тощо). Ці пристрої

здійснюють безперервний збір відеопотоків та, за наявності відповідного обладнання, аудіосигналів, які потім передаються на централізований сервер для архівування та подальшої обробки оператором або автоматизованою комп'ютерною системою аналізу. [5]

Класифікують камери відеонагляду і мікрофони по багатьом характеристикам:

- роздільна здатність;
- тип сенсору;
- поле зору;
- світлочутливість;
- чутливість мікрофону;
- діапазон звуку.

Роздільна здатність характеризує ступінь деталізації зображення, що фіксується камерою, та визначається загальною кількістю пікселів, які можуть бути зареєстровані в межах одного кадру. Традиційно роздільна здатність виражається у форматі добутку кількості пікселів по вертикальній осі на кількість пікселів по горизонтальній осі. Для відеокамер існують стандартизовані значення роздільної здатності, що класифікуються за наступними категоріями:

- SD (Standard Definition);
- HD (High Definition);
- Full HD;
- 4K Ultra HD;
- 8K Ultra HD.

Камери випускаються з різними значеннями роздільної здатності для забезпечення відповідності різноманітним вимогам щодо якості візуалізації та обробки інформації в специфічних умовах експлуатації. Вибір камери з конкретною роздільною здатністю дозволяє досягти оптимального балансу між ступенем деталізації зображення, обсягом необхідного сховища даних та загальними витратами на впровадження системи (рис. 1.2).

Для застосувань, що вимагають отримання високодеталізованих зображень, необхідне використання камер з підвищеною роздільною здатністю. Це є критичним для об'єктів з посиленими вимогами до безпеки, таких як фінансові установи, авіаційні термінали або великоформатні торговельні комплекси, де кожен елемент зображення може мати вирішальне значення для ідентифікації осіб або предметів. Висока роздільна здатність забезпечує чіткість відтворення та надає можливість масштабування зображення без деградації якості, що є принципово важливим для детального аналізу дрібних елементів сцени.

Name	Full Frame	APS-C	Four Thirds	1/1.7"	1/2.3"	1/3.2"
Area						
Size	36 X 24 mm <sup>2</sup>	23.6 X 13.5 mm <sup>2</sup>	18 X 13.5 mm <sup>2</sup>	7.6 X 5.7 mm <sup>2</sup>	6.1 X 4.6 mm <sup>2</sup>	4.4 X 3.3 mm <sup>2</sup>
Camera Type	High End DSLRs	Midrange and Entry Level DSLRs	Olympus DSLRs	High End Compacts	Low-mid Compacts	Mobile Cameras
Cameras	 Nikon D810  Canon 5D MKIII	 Nikon D3300  Canon 1200D	 Olympus E-5  Panasonic Lumix DMC-L10	 Sony Cybershot DSC-HX300  Nikon Coolpix P610	 Sony Cybershot DSC-WX500/B  Canon Powershot SX610 HS	 Apple iPhone 5  HTC One

Рисунок 1.2 — Приклади різних типів камер відеонагляду

Водночас для завдань загального моніторингу, таких як спостереження за складськими приміщеннями або відкритими територіями, часто достатньо камер з нижчою роздільною здатністю. Такі пристрої здатні забезпечувати контроль значних площ, передаючи зображення, придатні для фіксації переміщень та загальної активності в зоні спостереження. Застосування камер зі зниженою роздільною здатністю також дозволяє зменшити вимоги до ємності систем

зберігання та пропускної здатності мережевої інфраструктури, що є суттєвим фактором оптимізації ресурсів та скорочення експлуатаційних витрат.

Фотоматриця виготовляється з використанням технологій сенсорного типу. Фотоматриця (або світлочутлива сенсорна матриця) становить основний функціональний вузол цифрової камери, призначений для улавлювання світлового потоку, сфокусованого оптичною системою, та його конверсії в електричні сигнали, придатні для обробки цифровими системами. Це напівпровідниковий елемент, що складається з масиву світлочутливих комірок (пікселів), які реагують на падаюче випромінювання генерацією електричного струму, пропорційного інтенсивності освітлення. Лінійні розміри цих елементів типово вимірюються в мікрометрах.

Типи сенсорів:

- complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS);
- charge-coupled device (CCD);
- back-side illuminated (BSI) CMOS;
- foveon X3 sensor.

Існують різноманітні технології виготовлення світлочутливих матриць, зокрема CMOS, CCD, BSI CMOS та Foveon X3, що обумовлено необхідністю задовольнити специфічні вимоги та сценарії використання у галузі цифрової фото- та відеофіксації.

Технологія CCD (Charge-Coupled Device, прилад із зарядовим зв'язком) забезпечує високу якість відтворення зображення з мінімальним рівнем шумів, що робить її оптимальним вибором для професійного обладнання та наукових приладів. Однак матриці CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor, комплементарний метал-оксид-напівпровідник) характеризуються вищою енергоефективністю, швидкістю та меншою собівартістю виробництва, внаслідок чого вони отримали широке розповсюдження в споживчій електроніці, включаючи смартфони та безпілотні літальні апарати з камерами.

Технологія BSI CMOS (Backside-Illuminated CMOS, CMOS із заднім освітленням) підвищує світлочутливість сенсора шляхом мінімізації шумової

складової при зйомці в умовах недостатнього освітлення, що забезпечило її популярність у високоякісних мобільних фотосистемах. Сенсори Foveon X3, на відміну від конвенційних матриць, що застосовують кольорофільтр Байєра, здійснюють реєстрацію всіх трьох основних кольорних компонентів у кожній окремій комірці пікселя, що гарантує підвищену точність кольоропередачі та деталізацію, особливо цінну для художньої фотографії.

Об'єктиви камер відеоспостереження можуть мати різне поле зору і зазвичай вимірюються в градусах. Типові кути огляду складають:

- ширококутний об'єktiv (від 52 градусів до 82 градусів);
- нормальний об'єktiv (приблизно 52 градуси);
- вузькокутний об'єktiv (від 8 градусів до 52 градусів);
- панорамний об'єktiv (360 градусів).

Поле зору лінзи залежить від властивостей розміщених в ній лінз, від діафрагми і лінійних розмірів лінзи.

Ключовою характеристикою, що визначає кут огляду об'єктива, є фокусна відстань. Коли вона наближається за величиною до діагоналі світлочутливого сенсора, кут огляду класифікується як нормальний. Для більшості стандартних камер це значення становить близько 50 мм. У випадку, коли фокусна відстань менша за діагональ кадру, об'єktiv класифікується як ширококутний. Такі об'єктиви також характеризуються розширеною діафрагмою для захоплення більшого світлового потоку, оскільки через збільшений кут охоплення при стандартних параметрах діафрагми кількість світла виявляється недостатньою для формування чіткого зображення. Проте навіть при максимально відкритій діафрагмі спостерігається ефект віньєтування.

Якщо фокусна відстань перевищує діагональ кадру, об'єktiv характеризується як вузькокутний або телеоб'єktiv. Такі оптичні системи відрізняються значними габаритами через необхідність редукції зображення, що потрапляє в об'єktiv, до розмірів матриці. В той час як у нормальних та ширококутних об'єктивах ця відстань становить декілька сантиметрів, у телеоб'єктивах вона може досягати півметра. Додатково для цих оптичних систем

характерний виражений ефект хроматичної аберації, що негативно впливає на якість зображення та потребує застосування додаткових лінзових елементів для компенсації цього явища.

Найпоширеніший та типовий кут огляду для об'єтивів камер відеоспостереження становить приблизно 52 градуси. Такий кут забезпечує можливість охоплення достатньо великої площі при збереженні прийнятної деталізації, що дозволяє ідентифікувати об'єкти, що потрапляють в поле зору камери. Камери з таким кутом огляду є універсальними для більшості застосувань, випускаються серійно, що знижує їх вартість, та зазвичай оснащуються широким спектром додаткових функцій.

Камери з ширококутними об'єтивами зустрічаються рідше, проте мають специфічні переваги, що виділяють їх серед інших типів оптики. Вони дозволяють охопити значну площу приміщення або зовнішньої території з використанням меншої кількості пристроїв спостереження. Зазвичай ця властивість є корисною для контролю територій великої площі, розташованих безпосередньо поблизу точки монтажу камери, де деталізація не є критичною, оскільки об'єкти на близькій відстані залишаються достатньо великими для ідентифікації. Типовими прикладами є моніторинг прибудинкової території або паркувальних майданчиків.

Ширококутні камери також встановлюються в локаціях, де необхідно контролювати величезні площі, а об'єкти інтересу мають значні розміри. Наприклад, розміщення камер на високих деревах, опорах або спостережних вежах у лісових масивах для раннього виявлення лісових пожеж. Для детекції диму, полум'я або осередків займання висока деталізація зображення не є обов'язковою.

Камери з вузькокутними об'єтивами також не є масовим рішенням, однак володіють унікальними властивостями, характерними лише для цього типу оптики. Основною перевагою таких об'єтивів є здатність чітко фіксувати об'єкти, розташовані на значній відстані від камери. Наприклад, цей тип оптики

застосовується в системах автоматичної фіксації порушень швидкісного режиму транспортних засобів.

Завдяки вузькому полю зору такі камери здатні чітко фіксувати зображення транспортних засобів навіть на значних відстанях від точки спостереження. Висока чіткість, що забезпечується цим типом оптики, дозволяє достовірно реєструвати номерні знаки автомобілів та, відповідно, документувати правопорушення. Це надає правоохоронним органам або дорожнім службам можливість здійснювати моніторинг дорожньої ситуації та забезпечувати безпеку дорожнього руху.

Застосування таких камер є доцільним у будь-яких ситуаціях, коли об'єкт спостереження та точка монтажу розташовані на великій відстані один від одного. Якщо для ширококутних камер був наведений приклад моніторингу парковок, то у випадку високих будівель або розташування паркування в місцях, що унеможливають близьке розміщення обладнання, використання камер з вузьким полем зору стає виправданим рішенням.

Камери з кутом огляду 360 градусів класифікуються як панорамні. Це спеціалізоване обладнання, призначене для спостереження за надзвичайно великими просторами. Панорамні камери зазвичай конструюються з використанням декількох ширококутних об'єктивів, зображення з яких інтегруються в єдину панораму, при цьому приймальна система не диференціює окремі об'єктиви, обробляючи їх як єдину оптичну систему з круговим оглядом.

Такі камери встановлюються в локаціях, де пріоритетом є максимальне охоплення території, а не деталізація зображення, наприклад, для моніторингу об'єктів, в центральній частині яких відсутні високі опорні конструкції. Подібне розміщення забезпечує найшвидше реагування на події на контрольованій території, оскільки для охоплення такої значної площі іншими типами камер потрібно використовувати поворотні пристрої з дистанційним керуванням кутом нахилу з пульта управління. Однак у такому випадку на території завжди існуватимуть сліпі зони, які залишаються неконтрольованими до моменту повороту камери у відповідному напрямку. Залежно від інтервалів, з якими

камера змінює свою орієнтацію, в сліпих зонах можуть відбуватися критичні події, які залишаються незафіксованими через відсутність спостереження.

Освітленість являє собою фізичну величину, що характеризує кількість світлового потоку, який припадає на одиницю площі поверхні, та вимірюється в люксах (лк). Освітленість є ключовим параметром у численних галузях, включаючи архітектуру, урбаністику, промисловість та фотографію, оскільки вона безпосередньо впливає на рівень видимості, комфорт сприйняття та безпеку.

Камери відеоспостереження взаємодіють зі світловим середовищем через свої світлочутливі сенсори, які визначають якість формованого зображення за різних умов освітлення. Підвищена освітленість забезпечує можливість фіксації більш чітких та деталізованих зображень. За умов недостатньої освітленості, таких як нічний час або затемнені приміщення, камери використовують спеціалізовані технології, зокрема інфрачервоне підсвічування або високочутливі сенсори, для забезпечення прийнятної видимості. Деякі сучасні моделі камер оснащені системами автоматичного коригування експозиції, що дозволяє адаптуватися до динамічних змін рівня освітленості та підтримувати стабільну якість зображення.

Камери відеоспостереження класифікуються за їхньою здатністю функціонувати при різних рівнях освітленості.

Денні камери призначені для експлуатації в умовах достатнього освітлення, як природного, так і штучного походження. Вони не мають спеціалізованих функцій для роботи в умовах недостатньої освітленості та застосовуються в локаціях зі стабільно високим рівнем світла. [6]

Нічні камери оснащуються інфрачервоними (ІЧ) світлодіодами, що забезпечує можливість зйомки в умовах повної темряви за рахунок ІЧ-підсвічування. Вони автоматично активують нічний режим при зниженні рівня освітленості, формуючи монохромне зображення. У нічному режимі можливість кольорового відтворення відсутня, оскільки фіксація здійснюється виключно в інфрачервоному спектрі, для якого категорія «колір» не застосовна, внаслідок чого зображення завжди є чорно-білим (рис. 1.3).

Камери «день/ніч» здатні функціонувати в обох режимах, автоматично перемикаючись між кольоровим режимом при достатньому освітленні та монохромним режимом з використанням інфрачервоного підсвічування в умовах темряви. Вони застосовуються в локаціях з динамічною зміною освітленості протягом доби.

Камери для зйомки при слабкому освітленні (Low Light) здатні працювати в умовах мінімальної освітленості без застосування інфрачервоного підсвічування. Вони оснащені спеціалізованими сенсорами, такими як BSI CMOS, що дозволяють формувати зображення при критично низьких рівнях освітлення. Такі камери часто використовуються в ситуаціях, коли застосування інфрачервоного підсвічування є технічно неможливим або небажаним з тактичних міркувань.

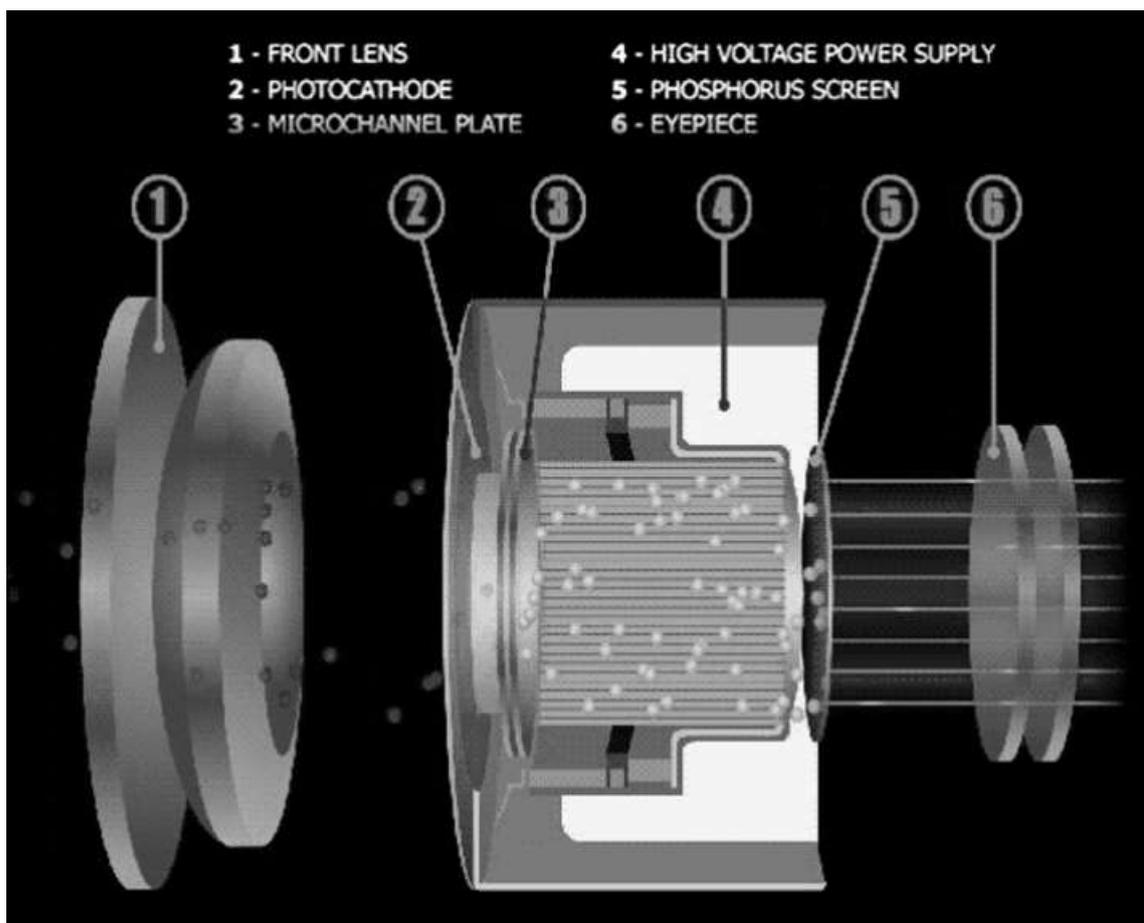


Рисунок 1.3 — Зображення із камери при звичайному освітленні і при ІЧ освітленні

### 1.3 Аналіз засобів для збирання акустичної інформації

Чутливість мікрофона характеризує його здатність реєструвати звукові хвилі та конвертувати їх в електричні сигнали. Чутливість мікрофонів вимірюється в децибелах (дБ) та зазвичай виражається як рівень звукового тиску (SPL, Sound Pressure Level) (рис. 1.4). Існують різні категорії мікрофонів за рівнем чутливості, кожна з яких має специфічні переваги та обмеження. [7]

Високочутливі мікрофони розроблені для захоплення звуків низької інтенсивності та оптимально підходять для сценаріїв, що вимагають запису звуку на значних відстанях або в умовах слабого акустичного фону. Вони широко застосовуються в студійних умовах для запису вокальних партій, акустичних інструментів та природних звукових ландшафтів. Підвищена чутливість забезпечує детальне відтворення тонких нюансів звучання, що робить ці мікрофони оптимальним вибором для професійного аудіовиробництва.

Однак високочутливі мікрофони мають певні недоліки. Вони схильні до захоплення небажаних фонових шумів навколишнього середовища.

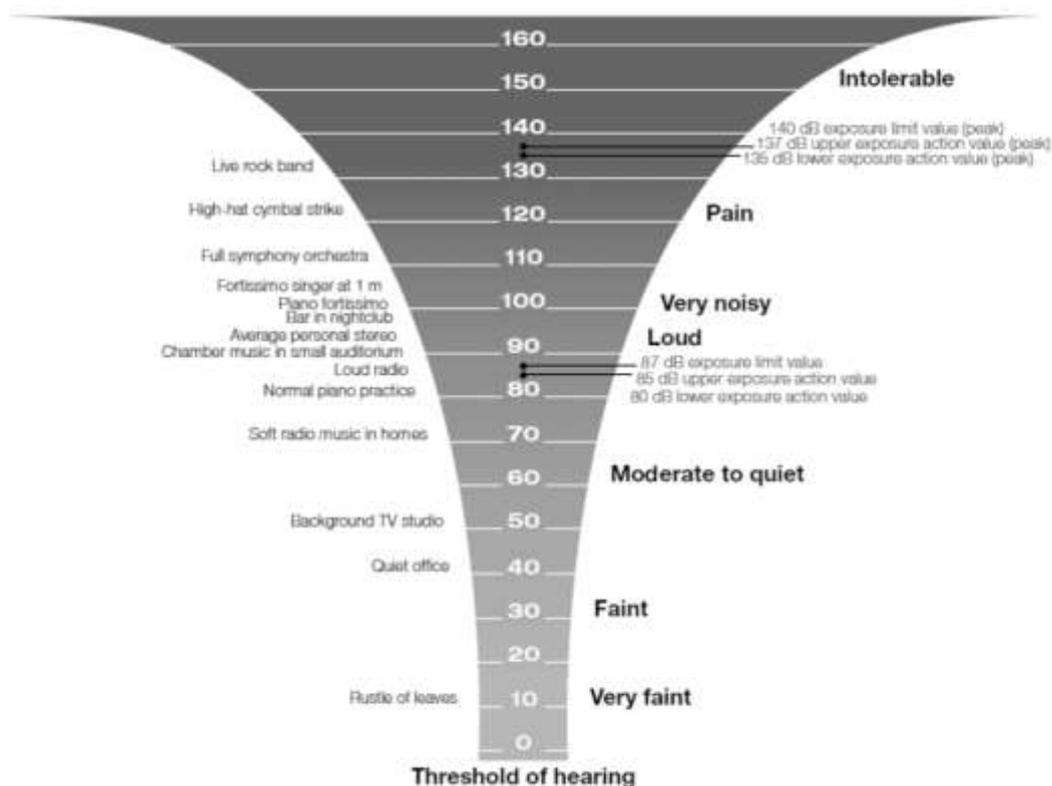


Рисунок 1.4 — Лінійно-логіарифмічна шкала рівнів звукового тиску в децибелах

Мікрофони середньої чутливості є універсальними і можуть використовуватися в різних умовах. Вони забезпечують баланс між здатністю вловлювати слабкі звуки та мінімізацією небажаних шумів. Такі мікрофони часто використовуються під час живих виступів, для запису подкастів, на конференціях та інших подібних заходах. Вони менш схильні до перевантаження при високих рівнях звукового тиску, що робить їх хорошим вибором для запису гучних звуків.

Однак мікрофони середньої чутливості можуть не мати такої ж деталізації та нюансів звуку, як мікрофони високої чутливості. Вони можуть бути не найкращим вибором для студійних записів або ситуацій, коли потрібно вловити найдрібніші деталі звуку. Крім того, в умовах дуже слабого звукового фону їх чутливості може бути недостатньо для отримання високоякісного запису [8].

Мікрофони з низькою чутливістю призначені для роботи в умовах високого звукового тиску. Вони ідеально підходять для запису гучних джерел звуку, таких як барабани, гучні музичні інструменти або виступи на стадіонах. Низька чутливість дозволяє уникнути спотворень і перевантажень при записі дуже гучних звуків. Такі мікрофони часто використовуються під час живих виступів і на великих концертних майданчиках.

Головним недоліком мікрофонів з низькою чутливістю є їх обмежена здатність вловлювати слабкі звуки. Вони можуть не підходити для студійних записів або ситуацій, коли необхідно записувати тонкі і тихі звуки. Крім того, такі мікрофони можуть вимагати підсилення сигналу, що може призвести до додаткового шуму і спотворення.

Вибір мікрофона з відповідним рівнем чутливості залежить від конкретних умов і завдань. Для студійних записів, де важливі деталізація і точність звуку, найкращим вибором будуть мікрофони з високою чутливістю. Вони дозволяють вловлювати найдрібніші нюанси звуку, але вимагають відповідних умов для мінімізації навколишнього шуму.

Універсальними є мікрофони середньої чутливості, які підходять для більшості завдань, де потрібна хороша якість звуку без надмірної деталізації. Вони використовуються в широкому діапазоні застосувань, від живих виступів

до запису подкастів і конференцій. Мікрофони середньої чутливості забезпечують баланс між здатністю вловлювати звуки і мінімізувати небажані шуми.

Мікрофони з низькою чутливістю найкраще підходять для запису гучних звуків або роботи в умовах високого звукового тиску. Вони забезпечують чистий і чіткий звук без спотворень і перевантажень, але не підходять для запису слабких звуків. Такі мікрофони часто використовуються на великих концертних майданчиках, в студіях для запису гучних інструментів або в умовах живих виступів [9].

При використанні мікрофонів важливо враховувати не тільки їх чутливість, але й умови, в яких вони будуть експлуатуватися. Для мікрофонів з високою чутливістю необхідно забезпечити належну звукоізоляцію та контроль рівня шуму в студії. Це включає використання звукопоглинальних матеріалів, спеціальних кабін для запису та обмеження зовнішнього шуму.

Мікрофони середньої чутливості часто використовуються в умовах, коли неможливо повністю контролювати звукове середовище. Їх необхідно налаштувати таким чином, щоб мінімізувати вплив небажаних шумів і забезпечити високу якість запису основного звуку. Використання поп-фільтрів, вітрозахисних екранів та інших аксесуарів може допомогти поліпшити якість запису.

Для мікрофонів з низькою чутливістю важливо забезпечити правильне розташування відносно джерела звуку. Їх слід розміщувати таким чином, щоб уникнути перевантажень і спотворень, особливо під час запису гучних інструментів або голосів. Використання підсилювачів та інших пристроїв обробки сигналу може допомогти поліпшити якість запису та адаптувати її до вимог конкретного завдання.

Чутливість мікрофонів відіграє ключову роль у забезпеченні високої якості моніторингу звуку. Висока чутливість мікрофонів дозволяє вловлювати навіть найдрібніші деталі звуку, що є критично важливим у ситуаціях, коли необхідно отримати точну аудіоінформацію з великої відстані або в умовах слабого

звукового фону. Однак важливо враховувати, що надмірно висока чутливість може призвести до підвищення рівня небажаних шумів, що робить необхідним використання функцій обробки звуку, таких як шумозаглушення. Завдяки можливості регулювання чутливості мікрофонів ви можете налаштувати систему під конкретні умови експлуатації, забезпечуючи оптимальний баланс між якістю звуку та мінімізацією шуму. Це дозволяє ефективно використовувати мікрофони в різних середовищах, від студійних записів до живих виступів та систем відеоспостереження, де важлива чіткість і точність звуку.

Діапазон звуку, який можуть вловлювати мікрофони, є однією з найважливіших характеристик, що визначає їх придатність для різних завдань. Діапазон звуку мікрофона визначає, які частоти він здатний вловлювати, і зазвичай вимірюється в герцах (Гц). Різні мікрофони мають різні діапазони частот залежно від їх конструкції та призначення.

Загалом діапазон людського слуху становить від 20 Гц до 20 кГц. Більшість мікрофонів, призначених для запису голосу або музики, мають діапазон частот, що охоплює ці частоти або більшість із них. Наприклад, вокальні мікрофони часто мають діапазон від 50 Гц до 15 кГц, що дозволяє їм добре передавати нюанси людського голосу.

Чутливість мікрофонів також впливає на їхню здатність вловлювати різні частоти. Мікрофони з високою чутливістю можуть вловлювати навіть слабкі звукові хвилі в широкому діапазоні частот, що робить їх корисними для студійного запису або наукових досліджень. Для зовнішнього застосування або в гучному середовищі часто використовуються мікрофони з меншою чутливістю, які менш чутливі до фонового шуму. Графік, що дозволяє продемонструвати залежність чутливості мікрофона на кожній частоті, називається «Амплітудно-частотна характеристика» [10].

## **2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА МІСЦЕВОСТІ**

### **2.1 Методичні принципи аудіо-візуальних систем розпізнавання об'єктів**

Проектування та впровадження систем аудіовізуального спостереження та розпізнавання об'єктів вимагає системного підходу, заснованого на чітко визначених методологічних принципах. Ці принципи забезпечують створення надійних, ефективних і масштабованих рішень, здатних виконувати завдання з необхідним рівнем точності та продуктивності [11].

Принцип цільової орієнтації передбачає, що на початковому етапі проектування необхідно чітко визначити конкретні завдання, які повинна вирішувати система. Різні сценарії використання пред'являють різні вимоги до характеристик обладнання та алгоритмів обробки. Система охорони периметра вимагає камер з великим діапазоном огляду, високою чутливістю в нічний час і алгоритмами виявлення руху на значних відстанях. Система контролю доступу в приміщеннях вимагає камер з високою роздільною здатністю для розпізнавання облич, правильного розташування джерел освітлення та інтеграції з базами даних уповноважених осіб. Система моніторингу транспортного потоку вимагає камер з високою частотою кадрів для зйомки швидко рухомих об'єктів, широким динамічним діапазоном для роботи в умовах контрастного освітлення та спеціалізованими алгоритмами розпізнавання номерних знаків. Чітке розуміння цільових завдань дозволяє оптимізувати конфігурацію системи та уникнути надмірних витрат на непотрібну функціональність.

Принцип оптимального покриття зони спостереження базується на комплексному аналізі об'єкта спостереження та раціональному розміщенні камер для забезпечення повного покриття критичних зон без надмірного перекриття. На етапі огляду об'єкта складається детальний план приміщення або території із зазначенням критичних точок спостереження, потенційних маршрутів переміщення об'єктів, джерел природного та штучного освітлення, перешкод для огляду та зон підвищеного ризику. Для кожної зони визначається необхідна

деталізація зображення відповідно до класифікації «виявлення-спостереження-розпізнавання-ідентифікація», яка визначає мінімальну щільність пікселів на об'єкті, що цікавить. Для виявлення присутності людини потрібно близько 25 пікселів на метр висоти об'єкта, для спостереження за діями — 62 пікселі на метр, для розпізнавання знайомої людини — 125 пікселів на метр, а для ідентифікації незнайомої людини — 250 пікселів на метр. Розрахунок зон огляду виконується з урахуванням фокусної відстані об'єктивів, роздільної здатності матриць і відстаней до об'єктів спостереження, що дозволяє визначити оптимальну кількість і розміщення камер.

Принцип адаптації до умов освітлення має вирішальне значення для забезпечення стабільної якості зображення протягом дня та за різних погодних умов. Природне освітлення характеризується широким діапазоном інтенсивності: від яскравого сонячного дня з освітленістю понад 100 000 люксів до безмісячної ночі з освітленістю менше 0,001 люксів, що становить динамічний діапазон понад 100 дБ. Сучасні камери з технологією широкого динамічного діапазону (WDR) здатні одночасно відтворювати деталі в яскравих і затінених областях кадру, що є критично важливим для сцен зі складним освітленням, таких як входи в будівлі з контрольним освітленням або тунелі з різкою різницею в яскравості. Інфрачервоне освітлення дозволяє отримувати зображення в повній темряві на відстані від 10 до 100 метрів в залежності від потужності світлодіодів і чутливості камери. Для спеціалізованих застосувань використовуються камери з мінімальною освітленістю менше 0,0001 люкс (технологія Starlight) або тепловізійні камери, що реєструють інфрачервоне випромінювання об'єктів в діапазоні 8-14 мкм і не потребують освітлення [12].

Принцип мультисенсорної інтеграції передбачає об'єднання даних з різних типів датчиків для підвищення надійності виявлення та точності класифікації об'єктів. Візуальна інформація з відеокамер доповнюється аудіоданими з мікрофонів, що дозволяє виявляти події за характерними звуками, такими як розбите скло, крики, постріли або сигнали тривоги. Акустична локалізація джерела звуку за допомогою масиву мікрофонів дозволяє автоматично

направляти обертові камери в область, що цікавить. Радіолокаційні датчики забезпечують точне вимірювання відстані та швидкості об'єктів незалежно від освітлення та погодних умов, доповнюючи відеоаналітику в складних умовах, таких як туман, дим або сильний дощ. Датчики руху PIR реагують на інфрачервоне випромінювання тіла і можуть використовуватися для активації запису або освітлення при виявленні людини. Інтеграція даних з різних датчиків методами сенсорної фузії значно зменшує кількість помилкових спрацьовувань і збільшує ймовірність виявлення реальних загроз.

Принцип розподіленої обробки даних визначає оптимальний баланс між обробкою на периферійних пристроях (Edge Computing) та централізованою обробкою на серверах. Сучасні IP-камери оснащені потужними процесорами і здатні виконувати базову відеоаналітику безпосередньо в камері, включаючи виявлення руху, перетин лінії, вхід у зону, залишені предмети, скупчення людей та розпізнавання номерів автомобілів. Периферійна обробка зменшує навантаження на мережу, оскільки по каналах передаються тільки метадані подій, а не повні відеопотоки, зменшує затримку відгуку системи і підвищує надійність за рахунок децентралізації. Централізований сервер виконує більш складні обчислювальні завдання, такі як розпізнавання облич в великих базах даних, аналіз поведінки з використанням глибокого навчання, кореляція подій з різних камер і формування цілісної картини ситуації. Гібридна архітектура з інтелектуальними камерами і потужним центральним сервером забезпечує оптимальне співвідношення продуктивності, масштабованості і вартості системи.

Принцип надійності та відмовостійкості вимагає проектування системи з урахуванням можливих відмов окремих компонентів і забезпечення її працездатності в критичних ситуаціях. Критична надмірність елементів включає дублювання джерел живлення з автоматичним перемиканням, використання відмовостійких конфігурацій зберігання даних (масиви RAID), резервні канали передачі даних і можливість гарячої заміни несправних компонентів без зупинки системи. Джерела безперебійного живлення (ДБЖ) забезпечують роботу системи

у разі короткочасних перебоїв у електропостачанні, а для критичних об'єктів передбачено підключення до автономних генераторів. Кільцева топологія мережі з протоколами швидкого відновлення забезпечує автоматичне перемикання трафіку при розриві окремих з'єднань. Система моніторингу стану обладнання контролює продуктивність кожного пристрою, температурні режими, завантаження процесорів і мереж, ємність сховищ і своєчасно повідомляє про потенційні проблеми, що можуть призвести до критичних збоїв [13].

Принцип масштабованості та модульності забезпечує можливість поетапного розширення системи із збереженням інвестицій в існуюче обладнання та без необхідності радикальної реконфігурації. Відкрита архітектура, заснована на міжнародних стандартах, таких як ONVIF для IP-камер та PSIA для платформ управління відео, забезпечує сумісність обладнання різних виробників та можливість інтеграції нових технологій. Модульна структура програмного забезпечення дозволяє додавати нові функції, такі як аналітичні модулі для розпізнавання облич, підрахунку відвідувачів або аналізу черг, без зміни базової платформи. Ієрархічна архітектура з можливістю об'єднання територіально розподілених підсистем через глобальні мережі дозволяє створювати системи від десятків до тисяч камер з централізованим або федеральним управлінням.

Принцип енергоефективності має особливе значення для великих систем, в яких безперервно працюють сотні пристроїв. Використання камер з підтримкою технології Power over Ethernet (PoE і PoE+) дозволяє передавати енергію і дані по одному кабелю, що спрощує установку і знижує витрати. Інтелектуальне управління режимом роботи включає зменшення частоти кадрів або роздільної здатності в періоди бездіяльності, перехід в режим очікування з активацією за сигналом датчика руху, відключення інфрачервоного освітлення при достатньому зовнішньому освітленні, а також динамічне регулювання потужності передавачів бездротової системи в залежності від якості каналу. Для автономних систем відеоспостереження використовуються сонячні панелі з

акумуляторними батареями і контролерами заряду, які забезпечують роботу без підключення до електромережі [14]

Принцип кібербезпеки має вирішальне значення для захисту системи від несанкціонованого доступу, перехоплення відеопотоків і кібератак. Багаторівнева система захисту включає сегментацію мережі з ізоляцією підсистеми відеоспостереження від корпоративної мережі, використання віртуальних приватних мереж (VPN) для віддаленого доступу, шифрування відеопотоків і архівів за стандартом AES-256, аутентифікацію користувачів за допомогою складних паролів або двофакторної аутентифікації, розмежування прав доступу з наданням мінімально необхідних привілеїв кожному користувачеві. Регулярні оновлення програмного забезпечення та прошивки пристроїв усувають виявлені вразливості, а система виявлення вторгнень контролює мережевий трафік на предмет ненормальної активності. Зміна стандартних паролів на всіх пристроях, відключення непотрібних служб і портів, використання сертифікатів для аутентифікації пристроїв та реєстрація всіх подій доступу забезпечують комплексний захист системи.

Принцип дотримання нормативних вимог передбачає дотримання чинного законодавства про захист персональних даних, умов зберігання відеозаписів, прав співробітників на приватність та вимог до систем безпеки в різних галузях. Законодавство про захист персональних даних регулює порядок збору, обробки та зберігання біометричних даних, отриманих системами розпізнавання облич, вимагає інформування осіб про відеоспостереження та отримання згоди на обробку персональних даних у певних випадках. Терміни зберігання відеоархівів визначаються галузевими стандартами і можуть становити від декількох днів до декількох років, залежно від призначення системи та вимог регуляторних органів. Системи для критичної інфраструктури повинні відповідати підвищеним вимогам до надійності, кібербезпеки та незалежності від іноземних компонентів

Принцип ергономічності інтерфейсів визначає зручність роботи операторів з системою та впливає на ефективність реагування на події. Графічний інтерфейс

повинен забезпечувати швидкий доступ до актуальних камер, інтуїтивну навігацію по архіву, зручні інструменти пошуку подій за часом, типом тривоги або метаданими об'єктів. Відображення камер на інтерактивних планах приміщень або картах території дозволяє оператору швидко орієнтуватися в просторовому розташуванні подій. Налаштовувані панелі з можливістю створення персоналізованих робочих просторів підвищують продуктивність роботи різних категорій користувачів. Система пріоритизації тривог виділяє найбільш критичні події, запобігаючи перевантаженню оператора в умовах множинних одночасних подій. Мобільні додатки надають можливість віддаленого моніторингу та керування системою з планшетів та смартфонів.

Принцип технологічної перспективності передбачає врахування тенденцій розвитку технологій та можливість інтеграції майбутніх інновацій. Вибір обладнання з запасом продуктивності та підтримкою сучасних стандартів передачі даних забезпечує тривалий термін експлуатації без моральної деградації. Застосування штучного інтелекту та машинного навчання для автоматизації аналізу відеопотоків, прогнозування подій та оптимізації роботи системи є ключовим напрямком розвитку. Інтеграція з системами Інтернету речей дозволяє створювати комплексні рішення розумних будівель та міст, де відеоспостереження координується з системами контролю доступу, пожежної сигналізації, управління освітленням та клімат-контролю для створення безпечного та комфортного середовища.

## 2.2 Моделі комплексної взаємодії компонентів системи відео- та аудіоаналізу

Архітектура аудіо-візуальної системи визначає просторову організацію апаратних модулів, характер інформаційних взаємозв'язків між ними, а також програмні засоби, що забезпечують керування, обробку та аналітичний аналіз відеопотоків [15].

У базовій конфігурації система відеомоніторингу може складатися з одного або декількох відеореєструючих пристроїв, які передають сигнал до

відображувальних засобів через коаксіальні канали зв'язку (рис. 2.1). Однак подібні рішення характеризуються обмеженою масштабованістю та низькою адаптивністю до потреб великих чи територіально розгалужених об'єктів. У зв'язку з цим сучасні системи реалізуються у форматі інтегрованих комплексів, що включають спеціалізовані апаратні й програмні компоненти, здатні забезпечувати розширені можливості моніторингу та інтелектуального аналізу інформації.

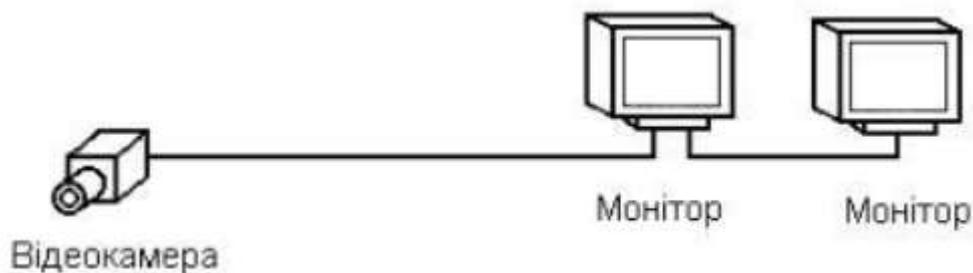


Рисунок 2.1 — Найпростіша телевізійна система спостереження

Багатоканальні системи відеомоніторингу можуть включати значну кількість камер та супутніх пристроїв керування. Для організації маршрутизації та обробки відеопотоків застосовуються спеціалізовані апаратні засоби, зокрема відеокомутатори, квадрокомутатори, матричні комутатори, а також цифрові відеореєстратори. Конкретний вибір інфраструктурного рішення визначається функціональними вимогами системи, параметрами масштабованості, кількістю відеоканалів та необхідним рівнем якості зберігання даних.

У традиційних аналогових системах запис відео здійснювався на магнітні носії за допомогою відеомагнітофонів, а при необхідності одночасної реєстрації з багатьох джерел застосовувалися окремі апаратні відеореєстратори (рис. 2.2). Водночас подібні системи поступово втрачають актуальність, оскільки не забезпечують достатнього рівня гнучкості та обчислювальних можливостей.

На противагу їм сучасні цифрові комплекси відеоспостереження пропонують розширені можливості масштабованої обробки, інтелектуальної фільтрації, високоточний запис та багатоканальну передачу відеоданих, що

робить їх перспективною основою для побудови систем із функціями автоматичного розпізнавання об'єктів.

Такий перелом зв'язаний у першу чергу, із наступними факторами:

- падінням вартості збереження 1 Мбайта даних на жорстких дисках;
- доступність потужних обчислювальних засобів і засобів передачі даних;
- розвиток апаратних і програмних засобів, орієнтованих на роботу з відеосигналами.

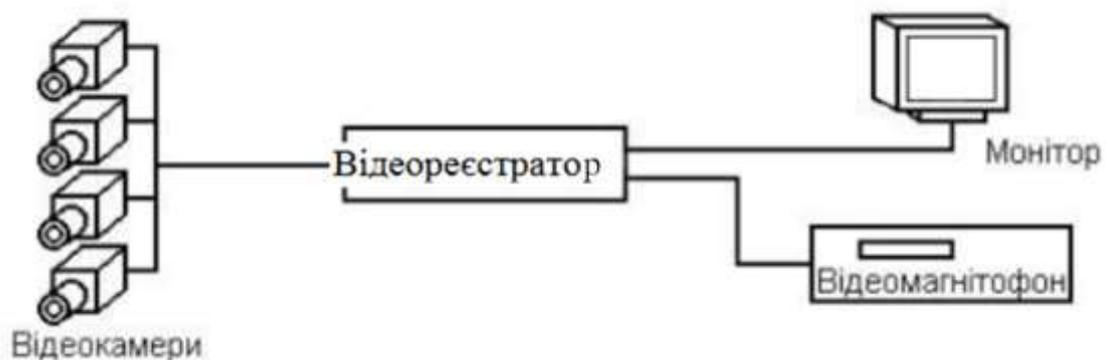


Рисунок 2.2 — Аналогова система відеоспостереження

У сучасній практиці значна частина систем відеоспостереження реалізується у вигляді так званих гібридних комплексів (рис. 2.3). Їх функціонування ґрунтується на тому, що первинне формування зображення відбувається на ПЗЗ-матриці (CCD) камери у цифровому форматі. Наступним етапом є перетворення цифрового потоку апаратними засобами в аналоговий сигнал (наприклад, за стандартами PAL або подібними), який передається до пристрою повторного оцифрування. Після цього сигнал знову набуває цифрової форми, що забезпечує можливість його зберігання на жорстких дисках або передавання іншим пристроям через мережеві інтерфейси, зокрема Fast Ethernet.

Поряд із гібридними рішеннями існують повністю цифрові архітектури відеомоніторингових систем, у яких обробка даних відбувається виключно у цифровій формі (рис. 2.4). Такі комплекси можуть функціонувати на базі мережевих камер із вбудованим web-сервером або цифрових камер у поєднанні з

обчислювальним сервером. Подібні системи підтримують розширений набір функцій, зокрема реакцію на сигнал тривоги з автоматичною передачею відеопотоку, відправленням фрагментів зображення через мережу Інтернет або організацію безперервного моніторингу віддалених об'єктів [16].

Сучасний ринок відеоспостереження характеризується широкою варіативністю апаратних засобів, що дозволяє адаптувати комплекс під різні умови експлуатації — від простих побутових рішень до високоточних спеціалізованих систем. Одним із ключових параметрів камери є роздільна здатність, яка визначає кількість пікселів у сформованому зображенні та безпосередньо впливає на детальність сцени. Для аналогових стандартів SD характерні такі значення:  $720 \times 576$  пікселів у системі PAL та  $720 \times 480$  пікселів у системі NTSC.

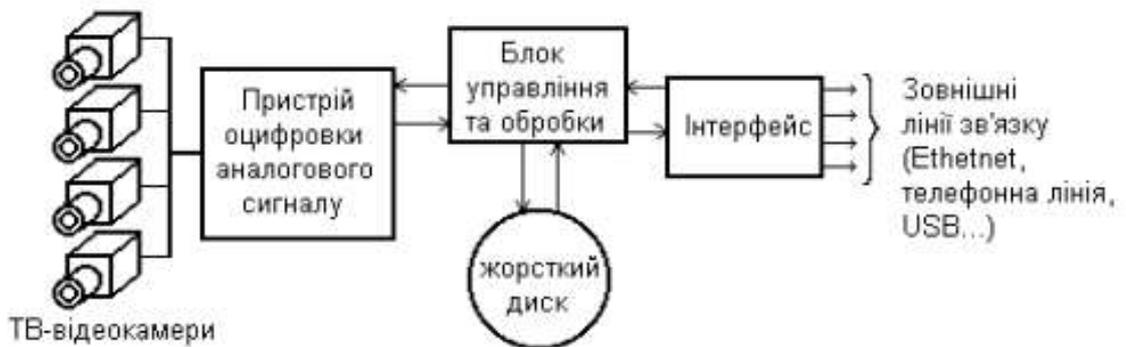


Рисунок 2.3 — Гібридна система запису і передачі відеосигналу

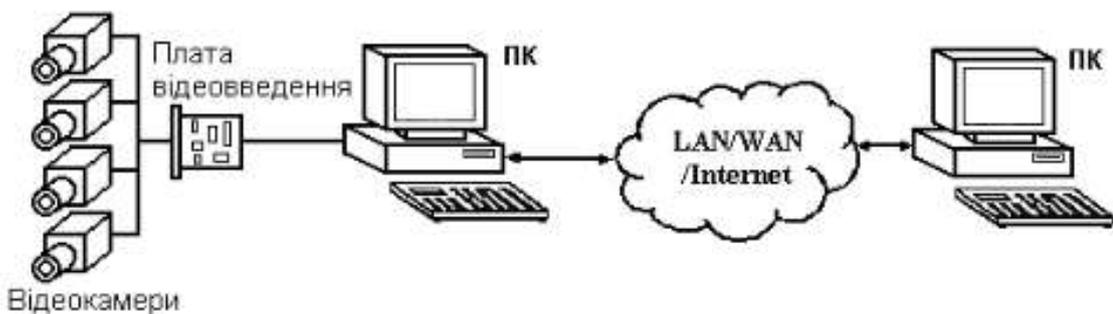


Рисунок 2.4 — Повністю цифрова система відеозапису

### 2.3 Теоретичний огляд елементів комплексної систем розпізнавання

Роздільна здатність формату HD (High Definition) відповідає стандарту 1280×720 пікселів (720p). Зазначений формат забезпечує прийнятний баланс між деталізацією відеозображення та обсягом даних, що робить його доцільним для систем відеоспостереження з обмеженими ресурсами зберігання. Як приклад, така характеристика реалізована у камері WAT-902A.

Формат Full HD (1920×1080 пікселів, 1080p) належить до більш високоякісних стандартів та забезпечує суттєво покращену чіткість порівняно з HD, завдяки збільшенню кількості інформаційних пікселів. Цей формат широко підтримується сучасними моніторами та мультимедійними пристроями, проте потребує більшого обсягу пам'яті для зберігання відеофайлів. Камери Partizan COD-631H, Sony SSC-M254CE та Burle TC-552AX використовують саме цей стандарт.

Роздільна здатність 4K Ultra HD (приблизно 3840×2160 пікселів) належить до категорії ультрависокої чіткості та забезпечує значно вищу деталізацію сцени, що є суттєвим для задач точного розпізнавання об'єктів. Проте значний обсяг відеоданих створює підвищене навантаження на системи збереження й передачі інформації. Крім того, не всі монітори підтримують відтворення такого сигналу.

Формат 8K Ultra HD (приблизно 7680×4320 пікселів) є одним із найбільш прогресивних стандартів сучасного цифрового відео. Завдяки надзвичайно високій щільності пікселів він забезпечує виняткову деталізацію, придатну для складних систем автоматичного розпізнавання. Водночас використання таких відеопотоків пов'язане зі значними вимогами до апаратних засобів, великим обсягом пам'яті та обмеженим спектром дисплейного обладнання, здатного відтворювати 8K-сигнал.

Отже, одним з ключових параметрів, що визначається роздільною здатністю, є обсяг відеофайлу, який прямо пропорційний кількості пікселів у кадрі та частоті запису.

Для обрахунку об'єму файлу існує формула:

$$Q = R * B * C * t,$$

- де Q — це об'єм відеофайла;  
 R — це роздільна здатність камери;  
 B — це глибина кольору;  
 C — це частота кадрів;  
 T — це час зйомки відео.

Глибина кольору характеризує кількість бітів, що застосовуються для подання кольорової інформації окремого пікселя зображення або відео. Вона визначає загальну кількість відтворених кольорів у межах одного пікселя. Для кольорових камер типовим значенням є 24 біти, тоді як монохромні сенсори здебільшого використовують 8-бітне кодування. Указані значення не враховують впливу алгоритмів стиснення, оскільки сучасні кодеки та формати можуть суттєво зменшувати обсяг відеоданих — у десятки або навіть сотні разів.

CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) або CMOS-матриці є фотоелектронними сенсорами, побудованими на базі польових транзисторів з ізольованим затвором [17]. Цей тип сенсорів є домінуючим у сучасних системах відеоспостереження завдяки високій швидкодії, низькому енергоспоживанню та відносно невисокій вартості. Принцип їх функціонування полягає в перетворенні світлового потоку на електричний заряд у фотодіоді, який накопичується на конденсаторі протягом експозиції. Після завершення експозиції транзисторна схема здійснює вибір комірки та зчитування заряду, величина якого відповідає яскравості пікселя.

CCD (Charge-Coupled Device)-матриці являють собою сенсори на основі фотодіодів, у яких використовується технологія зарядового переносу [18]. Попри високу якість передачі зображення та точне відтворення кольорів, даний тип сенсорів поступово витісняється CMOS-матрицями через більші енергетичні

витрати та складність виробництва. Основним елементом CCD є шар полікремнію, ізольований від підкладки та здатний змінювати потенціал поблизу електродів під впливом керованої напруги. Перед експозицією формується потенційна яма, де накопичуються електрони, що виникають при освітленні світлочутливого шару. Після завершення експозиції заряди послідовно переміщуються та зчитуються з матриці.

CMOS-сенсори з заднім підсвічуванням (Back-Side Illuminated, BSI) є модернізованою версією CMOS-матриць, у яких фотодіоди розміщено на зворотному боці сенсора. Така конструкція дозволяє збільшити ефективність поглинання світла, що суттєво покращує якість зображення особливо в умовах недостатнього освітлення.

Датчики Foveon X3, розроблені компанією Foveon, використовують багатошарову структуру кремнію для окремого зчитування трьох базових кольорів. Кожен шар сенсора сприймає лише певну частину спектра завдяки різній глибині поглинання світла кремнієм: верхній шар реєструє синє випромінювання, середній — зелене, а нижній (на глибині приблизно 5 мкм) — червоне. Така технологія забезпечує високу деталізацію та точність кольоропередачі, однак її недоліком є погіршення якості роботи за умов низької освітленості (рис. 2.5).

Однією з ключових характеристик відеокамери є її ефективність роботи за умов недостатнього освітлення. Висока чутливість до слабкого світлового потоку розширює часовий діапазон її застосування, а за наявності інфрачервоного підсвічування або підвищеної світлочутливості забезпечує можливість безперервного цілодобового спостереження. Це, у свою чергу, сприяє отриманню відеозаписів належної якості, необхідних для коректної роботи систем ідентифікації об'єктів.

Сьогодні ринок пропонує велику різноманітність мікрофонів з різними технічними характеристиками, що дає змогу підібрати пристрій під потреби будь-якого користувача. Від простих рішень для побутового застосування до

професійного обладнання — кожен має можливість обрати мікрофон, який повністю відповідатиме необхідним вимогам.

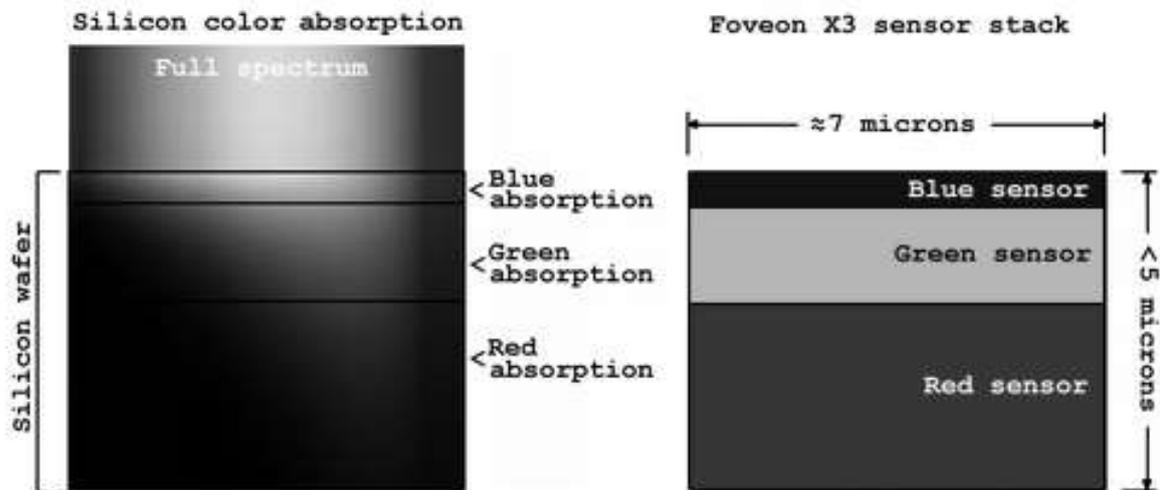


Рисунок 2.5 — Процес пошарового поглинання світла різної довжини кременем

Різні мікрофони мають різні принципи дії. Найпоширенішими є динамічні мікрофони. Динамічний (електродинамічний) мікрофон — мікрофон, схожий за конструкцією на динамічний гучномовець. Він являє собою мембрану, підключену до провідника, який розміщений у сильному магнітному полі, створеному постійним магнітом. Коливання тиску повітря (звук) змушують мембрану коливатися і переміщати підключений до неї провідник у магнітному полі. Коли провідник перетинає силові лінії магнітного поля, в ньому виникає ЕРС індукції. ЕРС індукції пропорційна амплітуді і частоті коливань мембрани.

Переваги динамічних мікрофонів:

- висока надійність та міцність конструкції, що робить їх стійкими до механічних пошкоджень та ударів;
- не потребують зовнішнього живлення, оскільки електричний сигнал генерується безпосередньо механічним рухом;
- стійкість до високих рівнів звукового тиску без спотворень сигналу;
- менша чутливість до електромагнітних перешкод порівняно з конденсаторними мікрофонами;
- відносно низька вартість виробництва;

— здатність працювати в широкому діапазоні температур та вологості.

Недоліки динамічних мікрофонів:

- нижча чутливість порівняно з конденсаторними мікрофонами через більшу масу рухомих елементів;
- обмежений частотний діапазон, особливо на високих частотах, що може призводити до менш деталізованого звучання;
- гірша транз'єнтна характеристика через інерційність мембрани;
- менш рівномірна частотна характеристика;
- нижче співвідношення сигнал/шум, що може бути критичним при записі тихих звуків на великій відстані.

Дані мікрофони також розділяються на дві підкатегорії: котушечні та стрічкові [19].

В електродинамічному мікрофоні котушкового типу діафрагма жорстко з'єднана з рухомою котушкою з мідного дроту на циліндричному каркасі, що знаходиться в кільцевому зазорі магнітної системи з постійним магнітом, і за пристроєм аналогічна електродинамічним гучномовцям. При коливаннях діафрагми під дією звукової хвилі витки обмотки котушки перетинають радіальні магнітні силові лінії, і в котушці наводиться змінна ЕРС. Такий мікрофон простий за конструкцією, має хорошу чутливість і надійний. (рис. 2.6)

Амплітуда наведеної ЕРС прямо пропорційна швидкості руху котушки в магнітному полі, яка, в свою чергу, залежить від інтенсивності звукової хвилі. Імпеданс котушкових динамічних мікрофонів становить від 150 до 600 Ом, що забезпечує хорошу сумісність з більшістю підсилювачів та аудіоінтерфейсів. Частотний діапазон таких мікрофонів складає від 50 Гц до 15 кГц, чого достатньо для якісної передачі мовлення, хоча він є дещо обмеженим для музичних застосувань. Стрічковий динамічний мікрофон є різновидом електродинамічної конструкції, в якому замість котушки використовується тонка гофрована стрічка з алюмінію або дюралюмінію товщиною від 2 до 3 мікрметри, що вільно підвішена між полюсами потужного постійного магніту. Стрічка одночасно

виконує функції як діафрагми, так і провідника. Коли звукова хвиля змушує стрічку коливатися в магнітному полі, в ній наводиться ЕРС. (рис. 2.7)

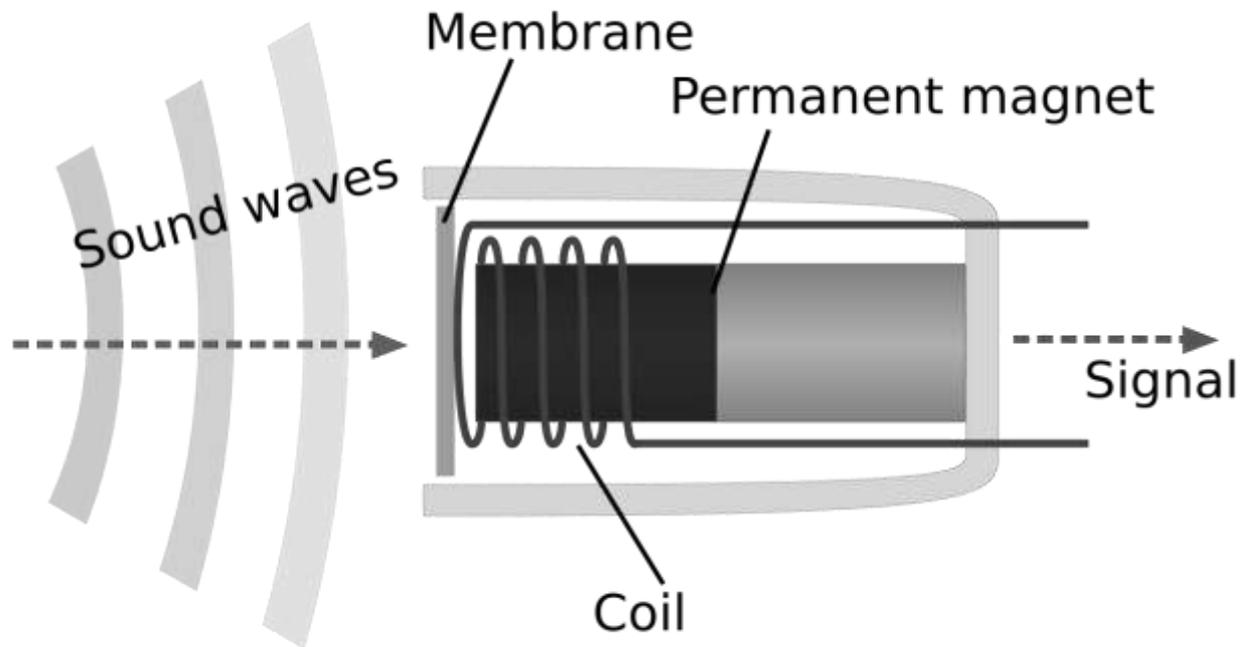


Рисунок 2.6 — Принцип роботи котушкового мікрофона

Переваги стрічкових мікрофонів включають природне, "тепле" звучання завдяки низькій масі рухомого елемента, двонапрявлену ("вісімка") діаграму спрямованості, що корисна для придушення бічних шумів, та плавну частотну характеристику. Однак вони мають суттєві недоліки: дуже низький вихідний імпеданс від 0,2 до 0,5 Ом, що потребує використання узгоджувального трансформатора, надзвичайно висока чутливість стрічки до механічних пошкоджень, вітру та вологи, а також обмежена здатність витримувати високі рівні звукового тиску.

Через свою крихкість та високі вимоги до умов експлуатації, стрічкові мікрофони практично не застосовуються в системах відеонагляду, де пріоритетними є надійність, стійкість до зовнішніх факторів та безперебійна робота в різних кліматичних умовах [20]

У системах відеонагляду динамічні мікрофони рідко використовуються через їх нижчу чутливість, що обмежує дальність захоплення звуку. Проте вони можуть бути ефективними у середовищах з високим рівнем шуму або в умовах, де потрібна підвищена стійкість до зовнішніх впливів.

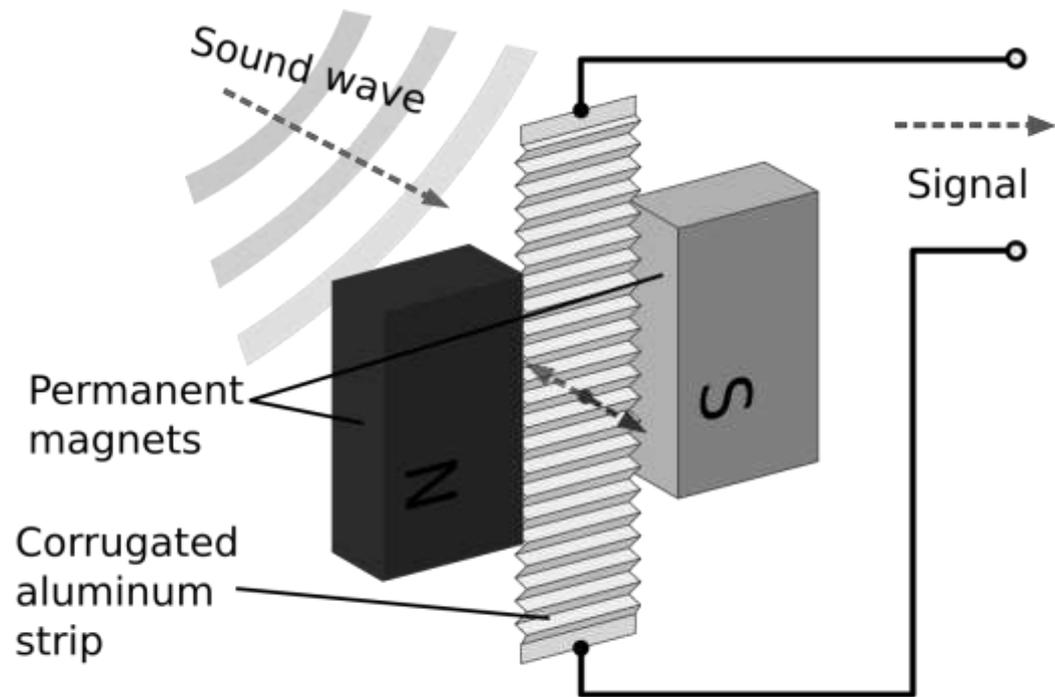


Рисунок 2.7 — Принцип роботи стрічкового мікрофона

Також існують конденсаторні мікрофони. Конденсаторний мікрофон — мікрофон, дія якого базується на використанні властивостей електричного конденсатора. Винайдений у 1916 році інженером Bell Labs Едвардом Венте (Edward Christopher Wente), використовується в основному в студійному звукозаписі. Являє собою конденсатор, одна з обкладок якого виконана з еластичного матеріалу (зазвичай — полімерна плівка з нанесеною металізацією). При звукових коливаннях вібрації еластичної обкладки змінюють ємність конденсатора. Якщо конденсатор заряджений (підключений до джерела постійної напруги), то зміна ємності конденсатора призводить до зміни напруги на ньому, виникнення різниці між напругою на конденсаторі і напругою

живлення і вирівнюючих ці напруги струмів заряду/розряду, які і є корисним сигналом, що надходить з мікрофона на підсилювач (рис. 2.8).

Для роботи такого мікрофона між обкладками повинна бути прикладена поляризуюча напруга, від 50 до 60 вольт в більш старих мікрофонах, а в моделях після 1960-1970-х років 48 вольт. Така напруга живлення вважається стандартом, саме з таким фантомним живленням випускаються попередні підсилювачі і звукові карти. Конденсаторний мікрофон має дуже високий вихідний опір. У зв'язку з цим, в безпосередній близькості до мікрофона (всередині його корпусу) розташовують попередній підсилювач з високим (близько 1 ГОм) вхідним опором, виконаний на електронній лампі або польовому транзисторі, який також забезпечує балансне підключення мікрофона до решти звукопідсилювальної апаратури. Як правило, напруга для поляризації і живлення попереднього підсилювача подається по сигнальних проводах (фантомне живлення).

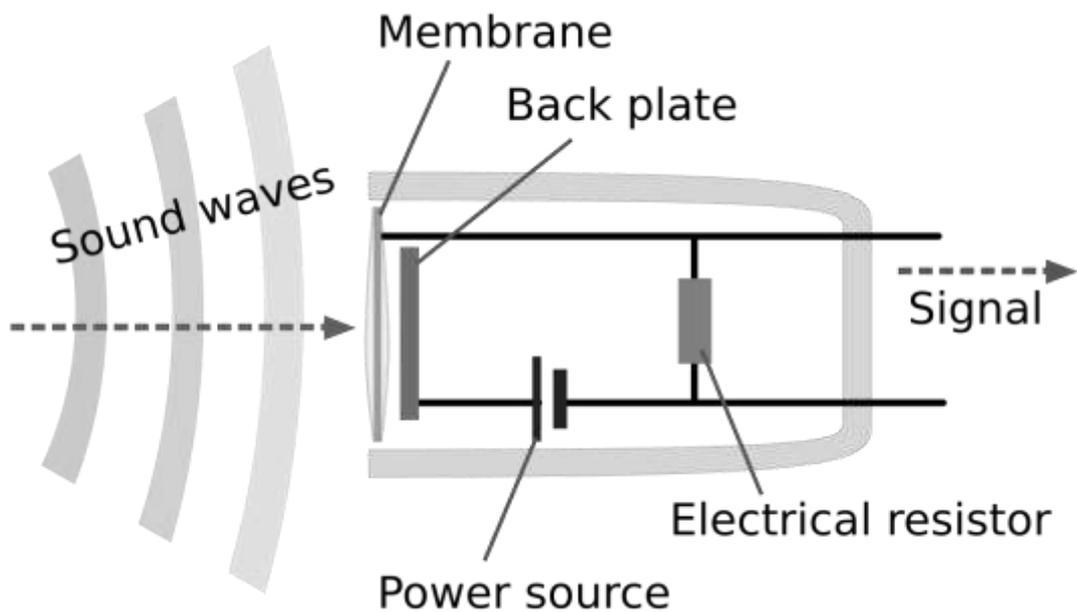


Рисунок 2.8 — Принцип роботи конденсаторного мікрофона

Конденсаторні мікрофони мають досить рівномірну амплітудно-частотну характеристику, високу чутливість і низькі спотворення, завдяки чому широко використовуються в студіях звукозапису, на радіо і телебаченні. Їх недоліками є

висока вартість, необхідність у зовнішньому живленні та висока чутливість до ударів і кліматичних впливів — вологості повітря і перепадів температури, що не дозволяє використовувати їх в польових умовах. Крім того, через великий динамічний діапазон, конденсаторні мікрофони сприймають сторонні звуки і шуми, а значить запис з них доцільний тільки в спеціально підготовленому приміщенні.

Електретні мікрофони є різновидом конденсаторних мікрофонів, в яких постійна напруга поляризації забезпечується не зовнішнім джерелом, а електретом — спеціальним діелектричним матеріалом (зазвичай фторопластом), що здатний тривалий час зберігати електричний заряд. Електретний матеріал наноситься на одну з обкладок конденсатора, створюючи постійне електричне поле без необхідності зовнішнього живлення для поляризації (рис. 2.9).

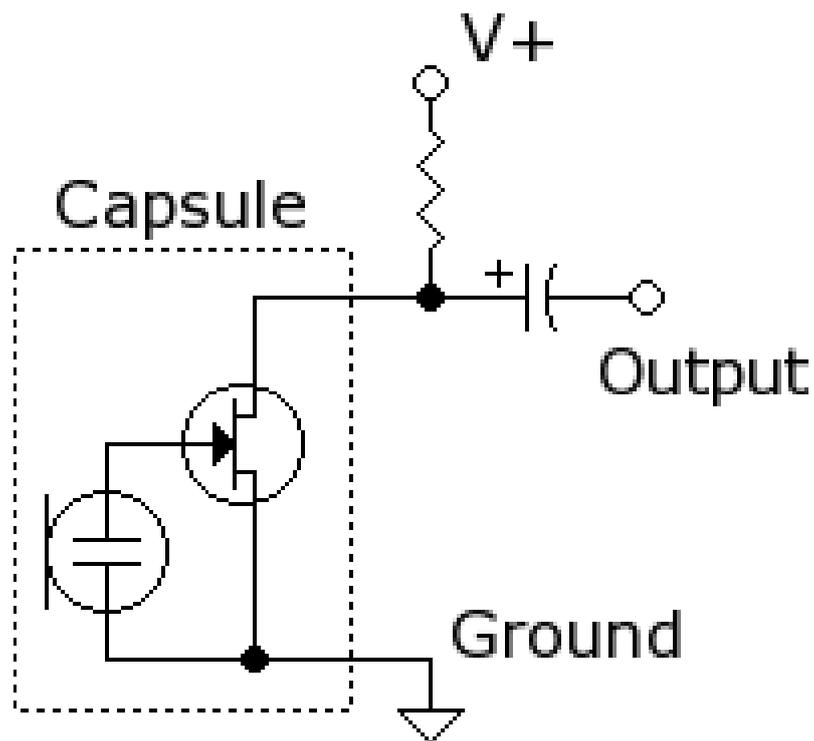


Рисунок 2.9 — Схема електретного мікрофона

Тонка плівка з гомоелектрету поміщається в зазор конденсаторного мікрофона або наноситься на одну з обкладок. Це призводить до появи деякого

постійного заряду конденсатора. При зміні ємності на конденсаторі з'являється зміна напруги, що відповідає акустичному сигналу.

У самій конструкції сучасного мікрофона передбачений передпідсилювач, тому необхідно дотримуватися полярності підключення і забезпечити живленням транзистор передпідсилювача. Це досягається подачею на мікрофон фантомного живлення. Наприклад, деякі звукові карти передбачають фантомне живлення у входах для мікрофонів. Деякі моделі електретних мікрофонів забезпечуються власним автономним джерелом живлення (акумулятори або батарейки).

На відміну від динамічних мікрофонів, що мають низький електричний опір своєї котушки (від  $\sim 50$  Ом до 1 кОм), електретний мікрофон має надзвичайно високий імпеданс (має ємнісний характер, еквівалентно являє собою конденсатор ємністю близько десятків пФ), що змушує підключати їх до підсилювачів з високим вхідним опором.

У конструкцію практично всіх електретних мікрофонів входить попередній підсилювач («перетворювач опору», «узгоджувач імпедансу»), зібраному на польовому транзисторі, рідше на мініатюрних радіолампах, з вхідним опором попереднього підсилювача порядку 1 ГОм і вихідним опором в сотні Ом, що знаходиться в безпосередній близькості від капсуля. Тому, незважаючи на відсутність необхідності в поляризуючій напрузі, такі мікрофони вимагають для роботи зовнішнє джерело електроживлення.

Переваги електретних мікрофонів:

- відсутність необхідності у високовольтному джерелі поляризації, хоча живлення для передпідсилювача все ще потрібне (зазвичай від 1,5 до 10В);
- компактні розміри та легка вага, що дозволяє виготовляти мініатюрні мікрофони діаметром від 3 мм;
- значно нижча вартість порівняно з традиційними конденсаторними мікрофонами;
- висока чутливість та широкий діапазон (від 20 Гц до 20 кГц);
- хороше співвідношення сигнал/шум (від 60 до 70 дБ);
- можливість масового виробництва з стабільними характеристиками.

Недоліки електретних мікрофонів:

- поступова втрата заряду електрета з часом (деградація характеристик протягом 30 років);
- обмежений температурний діапазон роботи (зазвичай від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ), оскільки при високих температурах електрет може втратити заряд;
- дещо гірші характеристики порівняно з професійними конденсаторними мікрофонами (менший динамічний діапазон, вища нелінійність);
- чутливість до вологості, хоча менша, ніж у традиційних конденсаторних мікрофонів.

MEMS мікрофони (Micro-Electro-Mechanical Systems) представляють собою найсучаснішу технологію мікрофонів, яка базується на принципі конденсаторного перетворення звуку, але виготовляється за допомогою технологій мікроелектромеханічних систем на кремнієвих підкладках. Діафрагма та backplate формуються методами травлення кремнію, що дозволяє досягти мікроскопічних розмірів (типовий корпус  $4\times 3\times 1$  мм) та високої повторюваності характеристик.

Конструктивно MEMS мікрофон складається з двох основних компонентів: механічного сенсорного елемента (власне MEMS-чіпа) та інтегральної мікросхеми ASIC (Application-Specific Integrated Circuit), що містить передсилювач та аналого-цифровий перетворювач. Сенсорний елемент виготовляється з монокристалічного кремнію методами об'ємної або поверхневої мікрообробки. Діафрагма являє собою тонку кремнієву мембрану товщиною від 1 до 2 мкм з перфорацією, що зменшує акустичний опір та покращує частотну характеристику. Під діафрагмою на відстані від 2 до 5 мкм розташована нерухома backplate пластина з множиною акустичних отворів, що також виготовлена з кремнію та покрита діелектричною плівкою нітриду кремнію.

Принцип роботи MEMS мікрофона ідентичний до конденсаторного: звукові коливання змушують діафрагму рухатися відносно backplate, що змінює ємність між ними. Ця зміна ємності перетворюється на електричний сигнал за

допомогою передпідсилювача з надзвичайно високим вхідним імпедансом. Унікальність MEMS технології полягає в тому, що всі механічні елементи виготовляються в одному технологічному процесі на автоматизованому обладнанні, подібному до виробництва інтегральних мікросхем, що забезпечує ідентичність характеристик мільйонів виробів(рис. 2.10).

Акустичний порт MEMS мікрофона може бути розташований як на верхній поверхні корпусу (top-port), так і на нижній (bottom-port). Top-port конструкція зручна для настільних застосувань, де мікрофон встановлюється на поверхні друкованої плати, а звук надходить зверху. Bottom-port варіанти використовуються, коли звук повинен надходити через отвір в друкованій платі, що дозволяє розмістити мікрофон всередині корпусу пристрою з мінімальним впливом на зовнішній дизайн. Більшість сучасних MEMS мікрофонів мають всенапрямлену діаграму спрямованості, хоча деякі виробники пропонують моделі з кардіоїдною характеристикою за рахунок використання двох акустичних портів.

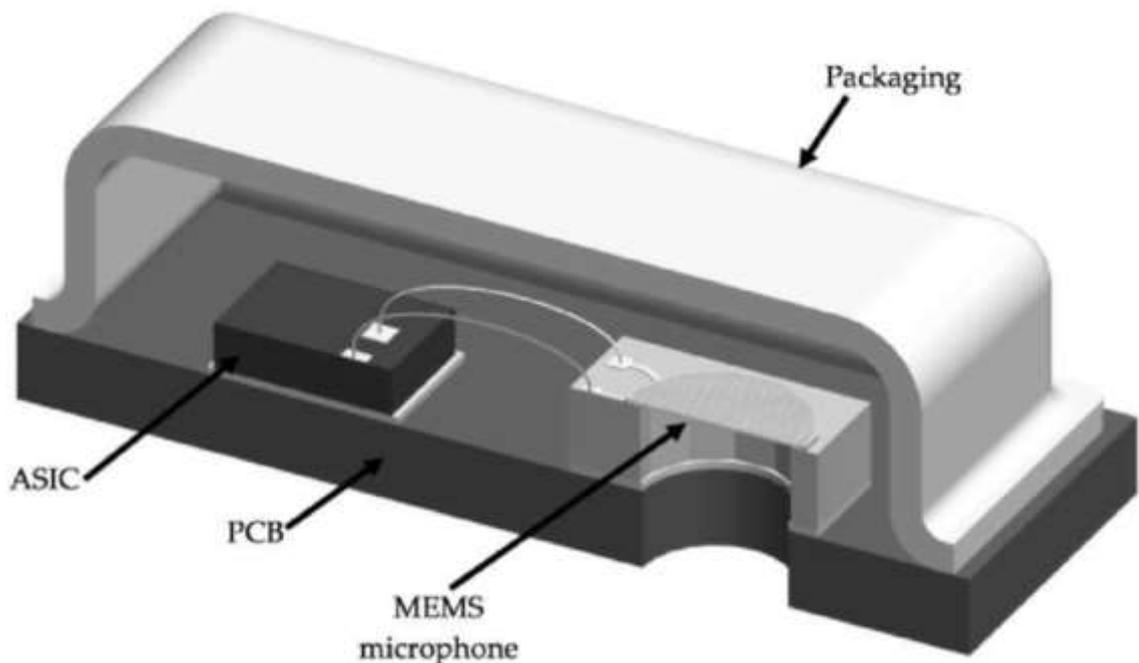


Рисунок 2.10 — Принцип роботи MEMS мікрофона

MEMS мікрофони демонструють виняткову стійкість до механічних впливів завдяки монолітній кремнієвій конструкції без рухомих частин великої маси. Вони витримують удари силою до 10000g без пошкодження та зберігають працездатність при постійних вібраціях. Робочий температурний діапазон типових моделей становить від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ , а окремі спеціалізовані варіанти можуть працювати до  $+125^{\circ}\text{C}$ . Стійкість до вологості забезпечується гідрофобним покриттям акустичного порту та герметизацією електронних компонентів, що дозволяє деяким моделям відповідати стандарту IPX7 (захист від короткочасного занурення у воду).

Важливою перевагою MEMS технології є можливість виготовлення мікрофонів з цифровим виходом. У таких моделях аналого-цифровий перетворювач інтегрований безпосередньо в корпус мікрофона, а цифровий сигнал передається по інтерфейсах I<sup>2</sup>S, TDM або PDM (Pulse Density Modulation). Це виключає деградацію сигналу при передачі аналоговим кабелем, знижує чутливість до електромагнітних перешкод та спрощує розробку багатоканальних аудіосистем. Частота дискретизації цифрових MEMS мікрофонів зазвичай становить від 16 до 48 кГц з розрядністю від 16 до 24 біти.

Енергоспоживання MEMS мікрофонів є надзвичайно низьким порівняно з іншими типами. Типові значення струму споживання складають від 1 до 5 мА при напрузі живлення від 1,8 до 3,6 В, що робить їх ідеальними для пристроїв з автономним живленням. Багато моделей підтримують режими пониженого енергоспоживання або повного відключення, що дозволяє реалізувати функції активації за голосом (voice wake-up) в системах з обмеженим енергобюджетом.

Співвідношення сигнал/шум (SNR) сучасних MEMS мікрофонів досягає від 65 до 70 дБ(А) в масових моделях та до від 73 до 75 дБ(А) в преміальних варіантах, що є достатнім для більшості застосувань, включаючи відеонагляд та розпізнавання мовлення. Чутливість знаходиться в діапазоні від  $-42$  до  $-38$  дБВ ( $0$  дБ =  $1\text{В/Па}$  при  $94$  дБ SPL). Максимальний акустичний тиск, який може витримати MEMS мікрофон без критичних спотворень, зазвичай становить від

120 до 130 дБ SPL, чого достатньо для всіх типових сценаріїв відеонагляду, хоча це менше, ніж у професійних конденсаторних мікрофонів студійного класу.

Частотна характеристика MEMS мікрофонів зазвичай охоплює діапазон від 100 Гц до 10 кГц в базових моделях та від 20 Гц до 20 кГц в продуктах вищого класу. Амплітудно-частотна характеристика є досить рівномірною з відхиленнями не більше  $\pm 3$  дБ в робочому діапазоні. Деякі виробники пропонують моделі з розширеним ультразвуковим діапазоном до 80 кГц для спеціальних застосувань, таких як детекція витoku газу або ультразвукові системи позиціонування.

У контексті систем відеонагляду MEMS мікрофони стали фактичним стандартом для сучасних IP-камер завдяки компактності, надійності та можливості інтеграції безпосередньо на платі камери. Цифровий вихід спрощує синхронізацію аудіо та відеопотоків, а низьке енергоспоживання дозволяє використовувати їх навіть в камерах з живленням через Power over Ethernet без додаткового теплового навантаження. Стійкість до екстремальних температур робить MEMS мікрофони придатними для зовнішніх камер, що працюють цілорічно без обігріву. Висока технологічна повторюваність характеристик також важлива для масштабних систем відеонагляду, де потрібна узгодженість параметрів десятків або сотень камер.

Переваги MEMS мікрофонів:

- надзвичайно компактні розміри та можливість монтажу безпосередньо на друковану плату;
- висока стійкість до механічних ударів та вібрацій завдяки монолітній конструкції;
- широкий робочий температурний діапазон (від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ );
- стійкість до пилу, вологи та старіння;
- цифровий вихід (I<sup>2</sup>S, PDM) у багатьох моделях, що виключає необхідність в аналогово-цифровому перетворенні;
- низьке енергоспоживання (від 1 до 5 мА);

- висока повторюваність характеристик та можливість точного калібрування на виробництві;
- відмінне співвідношення сигнал/шум (до 70 дБ і вище);
- всенапрямлена діаграма спрямованості, що підходить для більшості застосувань відеонагляду.

Недоліки MEMS мікрофонів:

- обмежений максимальний рівень звукового тиску (зазвичай до 120-130 дБ SPL);
- частотний діапазон зазвичай обмежений до 10-12 кГц на верхній частоті в бюджетних моделях;
- неможливість ремонту або заміни окремих компонентів.

Для систем відеонагляду найбільш придатними є електретні та MEMS мікрофони. Електретні мікрофони широко використовуються завдяки оптимальному поєднанню ціни, якості та достатньої стійкості до зовнішніх факторів. Вони забезпечують чутливість в діапазоні від -45 до -35 дБ (0 дБ = 1В/Па), чого достатньо для захоплення мовлення на відстані 5-10 метрів в умовах помірного фонового шуму.

MEMS мікрофони дедалі частіше впроваджуються в сучасні IP-камери через їх компактність, надійність та можливість цифрової обробки сигналу безпосередньо на рівні мікрофона. Це особливо важливо для зовнішніх камер відеонагляду, де стійкість до екстремальних температур, вологості та механічних впливів є критичною вимогою. Цифровий вихід MEMS мікрофонів також спрощує інтеграцію з процесорами обробки відео та знижує рівень електромагнітних перешкод в аудіо тракті.

Традиційні конденсаторні мікрофони студійного класу практично не застосовуються в системах відеонагляду через високу вартість, необхідність фантомного живлення та низьку стійкість до зовнішніх впливів.

Було вирішено використовувати хаб для мікрофонів AXIS D3110 завдяки його високій функціональності та надійності, які ідеально відповідають потребам нашої системи відеоспостереження. Цей хаб забезпечує не погану

інтеграцію з існуючою системою відеонагляду, дозволяючи підключати декілька мікрофонів і керувати ними централізовано. Така функціональність дозволяє оптимізувати процес збирання акустичної інформації, забезпечуючи високу якість звуку та зручність в управлінні.

Пристрої обробки відеосигналу виконують ключові задачі керування та маршрутизації відеопотоку в системах спостереження. За типом технології вони поділяються на аналогові та цифрові, однак використання аналогового обладнання нині майже повністю втратило актуальність, тому придбання таких пристроїв не має практичного сенсу.

Сучасні системи обробки відео представлені переважно двома видами: цифровими відеореєстраторами (DVR, Digital Video Recorder) та комп'ютерними системами відеоспостереження. Приклади цих рішень наведені на рисунках 2.11 і 2.12.

Цифровий відеореєстратор (DVR) — це пристрій, призначений не лише для запису, а й для обробки отриманого відеосигналу. Завдяки застосуванню методів компресії він забезпечує тривале зберігання записів без значної втрати якості. Багато моделей DVR можуть одночасно виконувати функції запису та відтворення відео. Часто такі системи базуються на персональних комп'ютерах, що надає їм більшу гнучкість і продуктивність.

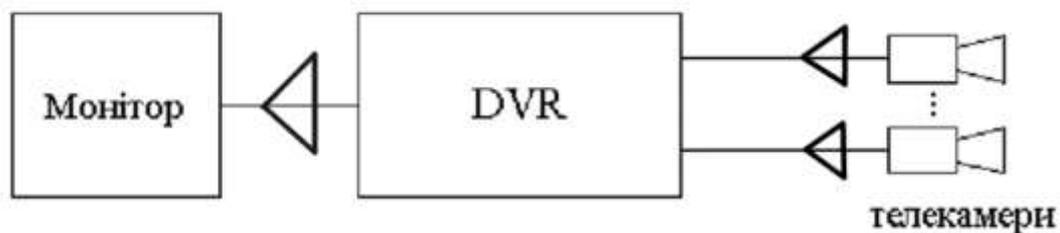


Рисунок 2.11 — Схема цифрової системи відеореєстрації DVR



Рисунок 2.12 — Схема цифрової системи відеореєстрації комп'ютерної система

Існує широкий спектр програмних рішень, які можуть бути адаптовані під конкретні вимоги користувачів. Крім того, апаратна частина комп'ютера легко модернізується або оновлюється для забезпечення підвищеної продуктивності та гнучкості системи.

Комп'ютерні платформи мають значні переваги у збереженні відеоінформації, оскільки обсяг пам'яті можна збільшити за рахунок додаткових жорстких дисків, зовнішніх накопичувачів або використання хмарних сховищ.

Універсальність комп'ютерної системи дозволяє інтегрувати її з іншими підсистемами без значних витрат часу та необхідності підбору спеціалізованого обладнання. Це забезпечує можливість формування комплексних систем для виконання різних завдань, не обмежуючись сумісністю окремих компонентів.

Зібрані дані із відеокамери та мікрофону необхідно зберегти на носії для подальшої обробки. Для цього може використовуватись різні типи носіїв.

Одним із варіантів являється жорсткий диск. Жорсткий диск, також накопичувач на жорстких магнітних дисках (HDD) — запам'ятовуючий пристрій (пристрій зберігання інформації, накопичувач) довільного доступу, заснований на принципі магнітного запису. Є основним накопичувачем даних у більшості комп'ютерів.

Принцип роботи жорстких дисків схожий на роботу магнітофонів. Робоча поверхня диска рухається відносно зчитувальної головки (наприклад, у вигляді котушки індуктивності з зазором у магнітопроводі). При подачі змінного електричного струму (при запису) на котушку головки виникає змінне магнітне

поле з зазору головки, яке впливає на феромагнетик поверхні диска і змінює напрямок вектора намагніченості доменів в залежності від величини сигналу. При зчитуванні переміщення доменів біля зазору головки призводить до зміни магнітного потоку в магнітопроводі головки, що призводить до виникнення змінного електричного сигналу в котушці за рахунок електромагнітної індукції.

Конструктивно жорсткий диск складається з одного або кількох алюмінієвих або скляних дисків (платерів) діаметром зазвичай 2,5 або 3,5 дюйма, покритих тонким шаром феромагнітного матеріалу. Платери жорстко закріплені на шпинделі, який обертається з постійною швидкістю від 5400 до 7200 обертів на хвилину в споживчих моделях, або до 10000-15000 об/хв в серверних варіантах. Для кожної робочої поверхні диска передбачена окрема магнітна головка, закріплена на рухомому коромислі (actuator arm), що керується прецизійним електромагнітним приводом типу voice coil motor.

Магнітне покриття диска має товщину лише кілька десятків нанометрів та складається з кобальтових сплавів з додаванням хрому, платини та інших елементів для покращення магнітних властивостей. Сучасні диски використовують технологію перпендикулярного запису (Perpendicular Magnetic Recording, PMR), де вектори намагніченості доменів орієнтовані перпендикулярно до поверхні диска, що дозволяє досягти значно вищої щільності запису порівняно зі старою технологією поздовжнього запису. Новітні моделі великої ємності також використовують технологію черепичного запису (Shingled Magnetic Recording, SMR), де доріжки частково перекриваються подібно до черепиці на даху, що дозволяє збільшити ємність на 20-25%, хоча це ускладнює операції перезапису даних (рис. 2.13).

Зчитувальні головки сучасних HDD використовують ефект гігантського магнітоопору (Giant Magnetoresistance, GMR) або тунельного магнітоопору (Tunnel Magnetoresistance, TMR), де електричний опір спеціального багат шарового сенсора змінюється залежно від напрямку зовнішнього магнітного поля. Це дозволяє досягти значно вищої чутливості порівняно з класичними індуктивними головками. Головки запису залишаються

індуктивними, але мають надзвичайно малі розміри зазору (близько 100 нм) для створення локалізованого магнітного поля високої інтенсивності.

Висота польоту головки над поверхнею диска становить лише від 3 до 5 нанометрів, що менше довжини хвилі видимого світла та порівнянне з розміром молекул. Така мала відстань необхідна для забезпечення достатньої сили магнітної взаємодії при високій щільності запису. Головка не торкається поверхні під час роботи, а утримується на повітряній подушці, що створюється обертанням диска. При зупинці диска головки автоматично паркуються на спеціальну зону (parking zone), розташовану поза робочою областю, щоб уникнути пошкодження магнітного шару при контакті.

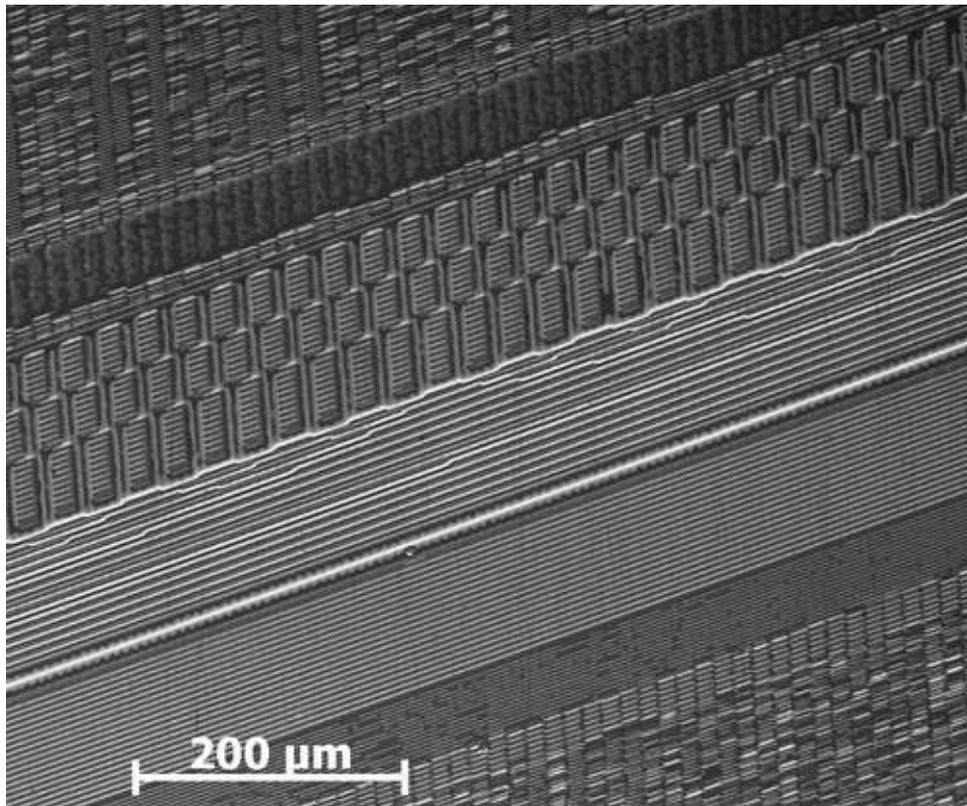


Рисунок 2.13 — Магнітне покриття HDD диска

Дані на жорсткому диску організовані у вигляді концентричних доріжок (tracks), кожна з яких поділена на сектори фіксованого розміру (зазвичай 512 байт або 4096 байт в моделях з Advanced Format). Групи доріжок, розташованих на одному радіусі всіх платерів, утворюють циліндр. Сучасні диски містять десятки

тисяч доріжок на дюйм радіуса, що забезпечує лінійну щільність запису понад 1 терабіт на квадратний дюйм. Для компенсації різної лінійної швидкості внутрішніх та зовнішніх доріжок використовується технологія зонування (zone bit recording), де зовнішні доріжки містять більше секторів, ніж внутрішні.

Всередині герметичного корпусу HDD підтримується чисте середовище, хоча воно не є вакуумом. Сучасні диски заповнюються гелієм замість повітря, що знижує аеродинамічний опір, зменшує вібрації, покращує охолодження та дозволяє розмістити більше платерів в одному корпусі. Рециркуляційний фільтр постійно очищує газ всередині корпусу від мікрочастинок, що утворюються при роботі механізмів. Вирівнювальний отвір з фільтром дозволяє вирівнювати тиск при зміні висоти над рівнем моря або температури, не порушуючи герметичності.

Контролер жорсткого диска являє собою складну інтегральну схему, що виконує множину функцій: керування шпиндельним двигуном та позиціонером головок, кодування та декодування даних, виправлення помилок за допомогою ECC (Error Correction Code), кешування даних в буферній пам'яті DRAM, керування інтерфейсом передачі даних та виконання внутрішніх діагностичних процедур. Сучасні контролери також реалізують технологію S.M.A.R.T. (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology), що відстежує різноманітні параметри здоров'я диска та прогнозує можливі відмови.

Жорсткі диски характеризуються високою ємністю при відносно низькій вартості за гігабайт, що робить їх оптимальним вибором для зберігання великих обсягів відеоархівів в системах відеонагляду. Типова ємність 3,5-дюймових HDD для систем відеонагляду становить від 4 до 22 терабайт, при цьому вартість зберігання даних в 10-15 разів нижча порівняно з твердотільними накопичувачами. Швидкість послідовного читання та запису складає від 150 до 250 МБ/с залежно від моделі, чого цілком достатньо для одночасного запису потоків від десятків камер високої роздільності.

Спеціалізовані HDD для систем відеонагляду (наприклад, серії Western Digital Purple або Seagate SkyHawk) оптимізовані для безперервного запису 24/7 та мають підвищену стійкість до вібрацій при роботі в багатодискових масивах.

Вони підтримують технологію керування потоками даних (streaming management), що пріоритизує операції запису над читанням для забезпечення безперервного збереження відеопотоків без пропусків кадрів. Середній час наробітку на відмову (MTBF) таких дисків становить від 1 до 1,5 мільйона годин, а підтримувана робоча навантаження (workload) досягає від 180 до 300 терабайт записаних даних на рік.

До недоліків HDD відносяться механічна крихкість, чутливість до ударів та вібрацій, відносно повільний час доступу до довільних даних (від 8 до 12 мс), генерація шуму та тепла при роботі, а також велике енергоспоживання (від 5 до 10 Вт в активному режимі). Проте для типових застосувань в стаціонарних системах відеонагляду ці недоліки не є критичними, а переваги у вартості та ємності роблять HDD домінуючою технологією зберігання відеоархівів.

Альтернативу йому складають твердотілі накопичувачі. Твердотілі накопичувачі (Solid State Drive, SSD) являють собою принципово іншу технологію зберігання даних, що базується на використанні енергонезалежної флеш-пам'яті замість механічних рухомих компонентів. На відміну від жорстких дисків, SSD не містять платерів, головок чи двигунів, а всі операції читання та запису виконуються виключно електронним способом через зміну стану напівпровідникових комірок пам'яті.

Основою SSD є мікросхеми флеш-пам'яті типу NAND, організовані у вигляді масиву транзисторів з плаваючим затвором (floating gate). Кожна комірка пам'яті являє собою модифікований польовий транзистор, де між керуючим затвором та каналом провідності розташований електрично ізольований плаваючий затвор, здатний утримувати електричний заряд протягом тривалого часу навіть без живлення. При записі даних високовольтний імпульс (зазвичай від 15 до 20 В) змушує електрони тунелювати через тонкий діелектричний шар оксиду кремнію та захоплюватися плаваючим затвором. Наявність або відсутність заряду на плаваючому затворі змінює пороговий стан транзистора, що інтерпретується як логічний 0 або 1.

Процес зчитування даних здійснюється шляхом подачі певної напруги на керуючий затвор та вимірювання струму через канал транзистора. Якщо плаваючий затвор заряджений, він створює електричне поле, що підвищує пороговий стан транзистора, і струм через канал буде меншим при заданій напрузі на керуючому затворі. За величиною струму контролер визначає стан комірки. Операція стирання виконується подачею високої напруги протилежної полярності, що викликає тунелювання електронів назад з плаваючого затвору через ефект Фаулера-Нордгейма.

Комірки флеш-пам'яті організовані у структуру сторінок (pages) розміром зазвичай від 4 до 16 кілобайт та блоків (blocks), що містять від 128 до 256 сторінок. Критичною особливістю NAND флеш-пам'яті є те, що запис можливий лише в попередньо стерті комірки, причому стирання виконується не окремих комірок, а цілих блоків одночасно. Це створює фундаментальне обмеження: для перезапису даних необхідно спочатку стерти весь блок, що містить ці дані, навіть якщо змінюється лише одна сторінка. Ця особливість вимагає складних алгоритмів керування в контролері SSD.

Залежно від кількості біт інформації, що зберігаються в одній комірці, розрізняють декілька типів NAND флеш-пам'яті. Single-Level Cell (SLC) зберігає лише один біт на комірку, використовуючи два різні рівні заряду, що забезпечує максимальну швидкість, надійність та витримуваність до 100000 циклів перезапису, але має найвищу вартість та найменшу щільність зберігання. Multi-Level Cell (MLC) зберігає два біти на комірку, використовуючи чотири рівні заряду, що подвоює щільність запису при зниженні витримуваності до 3000-10000 циклів та незначному збільшенні часу операцій. Triple-Level Cell (TLC) розміщує три біти на комірку з вісьма рівнями заряду, забезпечуючи витримуваність від 1000 до 3000 циклів та є найпоширенішим типом у споживчих SSD завдяки оптимальному балансу ціни та характеристик. Quad-Level Cell (QLC) зберігає чотири біти на комірку з шістнадцятьма рівнями заряду, що максимізує щільність та мінімізує вартість, але знижує витримуваність до 100-1000 циклів та вимагає потужніших алгоритмів корекції помилок.

Точне визначення рівня заряду в багаторівневих комірках ускладнюється з часом через деградацію діелектричного шару, витік заряду та вплив сусідніх комірок. Для забезпечення надійності зберігання використовуються складні коди виправлення помилок (ECC), зазвичай LDPC (Low-Density Parity-Check) коди, що здатні виправляти десятки помилкових біт на кілобайт даних. Контролер постійно моніторить кількість помилок при читанні та може виконувати операції освіження даних (refresh), переписуючи вміст деградованих блоків в нові комірки до того, як кількість помилок перевищить можливості ECC.

Контролер SSD є надзвичайно складним мікропроцесорним пристроєм, що виконує критично важливі функції для роботи накопичувача. Центральною задачею контролера є реалізація технології вирівнювання зносу (wear leveling), що забезпечує рівномірне використання всіх блоків флеш-пам'яті для максимізації загального терміну служби накопичувача. Оскільки кожен блок має обмежену кількість циклів перезапису, без вирівнювання зносу часто перезаписувані дані швидко вичерпали б ресурс відповідних блоків, тоді як інші залишалися б майже невикористаними. Динамічне вирівнювання розподіляє нові записи по вільних блоках з найменшою кількістю циклів, а статичне періодично переміщує рідко змінювані дані в блоки з великим зносом, звільняючи малозношені блоки для активних операцій.

Технологія TRIM є критично важливою для підтримки продуктивності SSD в довгостроковій перспективі. Коли операційна система видаляє файл, вона зазвичай лише позначає відповідні сектори як вільні в файлової системі, але не повідомляє накопичувач про це. Без команди TRIM контролер SSD не знає, які сторінки містять застарілі дані, і змушений зберігати їх при операціях збирання сміття (garbage collection). TRIM інформує контролер про те, які сторінки більше не містять потрібних даних і можуть бути стерті заздалегідь, що значно покращує ефективність збирання сміття та знижує амплітуду запису (write amplification).

Амплітуда запису є ключовим параметром, що визначає реальну витримуваність SSD. Через необхідність стирання цілих блоків та переміщення даних при збиранні сміття, фактичний обсяг даних, записаних на флеш-

мікросхеми, значно перевищує обсяг даних, отриманих від хост-системи. Коефіцієнт амплітуди запису (Write Amplification Factor, WAF) показує це співвідношення: значення 3 означає, що для запису 1 ГБ користувацьких даних контролер фактично записав 3 ГБ на флеш-чіпи. Ефективні алгоритми збирання сміття, достатній обсяг надлишкової ємності (over-provisioning) та підтримка TRIM дозволяють підтримувати WAF на рівні в типових сценаріях використання.

Буферна пам'ять DRAM присутня в більшості продуктивних SSD та виконує функції кешування таблиці трансляції логічних адрес у фізичні (Logical-to-Physical mapping table), кешування даних для збирання сміття та буферизації операцій запису. Розмір буфера зазвичай становить 1 ГБ на кожен терабайт ємності накопичувача. Деякі бюджетні моделі використовують технологію HMB (Host Memory Buffer), запозичуючи невелику частину оперативної пам'яті комп'ютера замість власної DRAM, що знижує вартість, але може дещо погіршити продуктивність.

Сучасні SSD використовують різноманітні інтерфейси підключення. SATA III забезпечує пропускну здатність до 600 МБ/с та є найпоширенішим інтерфейсом для 2,5-дюймових SSD, сумісних з роз'ємами жорстких дисків. Інтерфейс M.2 підтримує як SATA, так і значно швидший протокол NVMe через лінії PCI Express, забезпечуючи швидкість до 3500 МБ/с для PCIe 3.0 x4 та до 7000 МБ/с для PCIe 4.0 x4. Протокол NVMe (Non-Volatile Memory Express) спеціально розроблений для твердотільних накопичувачів та забезпечує значно нижчу затримку та вищий рівень паралелізму порівняно зі старим протоколом AHCI, створеним для механічних дисків.

SLC кеш є поширеною технологією в TLC та QLC накопичувачах, де частина флеш-пам'яті динамічно використовується в однобітовому режимі (SLC) для прискорення операцій запису. Коли дані спочатку записуються в SLC кеш, швидкість може досягати від 3000 до 5000 МБ/с, але після заповнення кешу швидкість падає до нативної швидкості TLC/QLC, яка може становити лише від 100 до 500 МБ/с. Розмір SLC кешу може бути фіксованим (від 5 до 50 ГБ) або динамічним, змінюючись залежно від заповненості накопичувача. Ця

особливість важлива для систем відеонагляду з безперервним записом, де після вичерпання SLC кешу продуктивність може значно знизитися.

Переваги SSD для систем відеонагляду включають відсутність рухомих частин та високу стійкість до ударів і вібрацій, що дозволяє використовувати їх в мобільних системах та в умовах підвищених механічних навантажень. Час доступу до даних становить лише від 0,1 до 0,2 мілісекунди порівняно з HDD, що прискорює пошук записів в архіві. Енергоспоживання SSD значно нижче та становить від 2 до 4 Вт під навантаженням та менше 0,5 Вт в режимі простою. Відсутність механічного шуму та мінше тепловиділення також є перевагами. Широкий робочий температурний діапазон індустриальних моделей (від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ ) дозволяє використовувати SSD в зовнішніх системах без контролю температури.

До недоліків SSD відносяться значно вища вартість за гігабайт порівняно з HDD, обмежена кількість циклів перезапису, що може бути критичним при безперервному записі відео з високим бітрейтом, а також явище деградації продуктивності з часом по мірі заповнення накопичувача та накопичення зносу блоків. TLC та особливо QLC накопичувачі мають обмежений ресурс запису (зазвичай 150-600 терабайт для споживчих моделей), який може бути вичерпаний за 1-3 роки в режимі безперервного відеозапису. Також існує ризик втрати даних при тривалому зберіганні без живлення, оскільки заряд в комірках поступово витікає (зазвичай гарантується збереження протягом 1 року при кімнатній температурі).

В системах відеонагляду SSD доцільно використовувати для операційної системи та програмного забезпечення відеореєстратора, для буферизації потоків перед записом на HDD, для зберігання індексів та метаданих відеоархіву, що прискорює пошук, а також в мобільних або віддалених системах, де критична стійкість до вібрацій та низьке енергоспоживання. Для довгострокового зберігання великих відеоархівів HDD залишаються більш економічно доцільним рішенням, тоді як гібридні конфігурації з SSD для активних даних та HDD для

архівного зберігання забезпечують оптимальний баланс продуктивності та вартості.

Для даної системи використовується одна відеокамера COD-631H «Partizan», що забезпечує відеопотік у форматі Full HD (1920×1080 пікселів) при частоті 25 кадрів/с. Запис ведеться із застосуванням сучасного кодека H.265, який дозволяє досягати високого ступеня стиснення без помітної втрати якості. Аудіосигнал записується з підключеного мікрофона в режимі моно, із бітрейтом 64 Кбіт/с.

Основні параметри для розрахунку:

- кількість камер: 1;
- роздільна здатність відео: 1920×1080;
- частота кадрів: 25 кадрів/с;
- стиснення: H.265;
- середній бітрейт відео: 4 Мбіт/с;
- бітрейт аудіо: 64 Кбіт/с;
- тривалість зберігання архіву: 14 днів.

Сумарний бітрейт для одного відеопотоку з урахуванням аудіо складатиме:

$$R = 4,064 \text{ Мбіт/с.}$$

Переведемо у байти:

$$R = \frac{4,064}{8} = 0,508 \text{ МБ/с.}$$

За одну годину запису утворюється обсяг:

$$V_{\text{1год}} = 0,508 \times 3600 = 1829 \text{ МБ} \approx 1,83 \text{ ГБ.}$$

Для доби:

$$V_{1\text{доба}} = 1,83 \times 24 = 43,9 \text{ ГБ.}$$

Для зберігання відеоархіву за 14 днів:

$$V_{14\text{днів}} = 43,9 \times 14 = 615 \text{ ГБ.}$$

Таким чином, для збереження двотижневого архіву необхідно близько 615 ГБ вільного простору.

Для систем із безперервним записом даних у режимі 24/7 найважливішими характеристиками накопичувача є:

- стійкість до тривалого навантаження на запис;
- стабільна робота при підвищених температурах;
- низький рівень шуму;
- енергоефективність;
- довговічність.

Твердотільні накопичувачі (SSD) забезпечують високу швидкість читання і запису, а також миттєвий доступ до даних. Вони не мають механічних елементів, тому стійкі до вібрацій і ударів. Проте через обмежений ресурс циклів запису SSD менш придатні для систем із постійним потоком даних, якщо не передбачено регулярне перезависування або циклічне оновлення архіву.

Традиційні жорсткі диски (HDD) мають значно більший ресурс запису при меншій вартості за одиницю об'єму. Водночас спеціалізовані моделі, призначені для відеоспостереження (Surveillance HDD), мають оптимізовану прошивку, яка забезпечує безперервний запис відео з мінімальними затримками і втратою кадрів.

### 3 НАЛАШТУВАННЯ АУДІО-ВІЗУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ

#### 3.1 Інженерні розрахунки параметрів зон відео та аудіомоніторингу

Перед встановленням відеокамер доцільно здійснити попередню оцінку площі, яку вони здатні контролювати, а також визначити оптимальні параметри монтажу, зокрема висоту установки, кут нахилу, орієнтацію об'єктива та його тип. Ці параметри суттєво впливають на якість отриманого зображення, розмір контрольованої зони та ефективність подальшого розпізнавання об'єктів.

Основним завданням проведеного розрахунку є визначення конфігурації встановлення, що забезпечує максимальне охоплення зони спостереження при збереженні необхідного рівня деталізації для ідентифікації об'єктів.

Для аналізу була обрана відеокамера COD-631H «Partizan», оснащена фіксованим об'єктивом з фокусною відстанню  $b = 7,2$  мм та розміром матриці  $r = 4$  мм. Камера має інфрачервоне підсвічування, що дозволяє здійснювати спостереження за умов низької освітленості, та ступінь захисту IP66, що забезпечує стабільну роботу в зовнішньому середовищі.

Попереднє моделювання показало, що установка камери на висоті 4 м під кутом  $45^\circ$  забезпечує достатнє покриття, проте не дозволяє повністю реалізувати потенціал об'єктива, оскільки безпосередньо під камерою утворюється значна «мертва зона». Зменшення кута нахилу до  $35^\circ$  дозволяє помітно збільшити площу корисного огляду, однак при цьому зростає зона, недоступна для спостереження під камерою. Детальні ілюстрації розподілу зон покриття для різних кутів наведені в додатках Г і Д, що дає можливість наочно оцінити вплив геометрії встановлення на ефективність системи.

Зниження висоти монтажу до 3 м призводить до скорочення дальності видимого простору та зменшення ефективності системи розпізнавання об'єктів, особливо у випадках, коли потрібна детальна візуалізація. Підвищення камери до 5 м забезпечує максимальне охоплення та ширший оглядовий сектор, проте створює технічні труднощі при реалізації конструкції та може вимагати

додаткових елементів кріплення або стабілізації для збереження якості спостереження.

Тому, з урахуванням конструктивних обмежень та вимог до зони спостереження, оптимальними параметрами встановлення були визначені:

- висота монтажу: 4 м;
- кут нахилу: 35°.

Схематичні зображення зон охоплення для цього варіанту наведено у додатках Е і Ж.

Кут огляду камери визначається співвідношенням між фокусною відстанню об'єктива та розмірами матриці й може бути розрахований за формулою:

$$\alpha = 2 \arctan \frac{r}{2b},$$

- де  $\alpha$  — кут огляду камери;
- $r$  — розмір матриці камери, мм;
- $b$  — фокусна відстань об'єктива, мм.

Для обраної камери:

$$\alpha = 2 \arctan \frac{4}{2 \times 7.2} = 75^\circ.$$

Отримані результати дають такі характеристики:

- вертикальний кут огляду: 65°;
- горизонтальний кут огляду: 75°;
- діагональний кут огляду: 80°.

З урахуванням зазначених характеристик камери та даних її технічної документації, за умов оптимального освітлення та відсутності атмосферних

перешкод, встановлено орієнтовні дальності сприйняття об'єктів для різних рівнів деталізації:

Таблиця 3.1 — Можливості визначення об'єктів в залежності від відстані

Тип спостереження	Відстань, м	Опис можливостей
Виявлення силуетів	72,5 м	Можливе визначення присутності людини чи об'єкта
Розпізнавання	23,3 м	Визначення типу об'єкта (людина, автомобіль тощо)
Ідентифікація	15,8 м	Розпізнавання обличчя або номерного знаку

Оскільки живлення всіх відеокамер здійснюватиметься від спільного блоку живлення, необхідно врахувати падіння напруги в лініях живлення.

Падіння напруги визначається за формулою:

$$\Delta U = I \cdot R \cdot L,$$

де  $\Delta U$  — падіння напруги, В;

$R$  — питомий опір кабелю, Ом/м;

$I$  — струм споживання, А;

$L$  — довжина кабелю, м.

Кожна камера споживає  $I = 0,4$  А, довжина кабелю становить  $L = 150$  м, питомий опір мідного кабелю приймаємо  $R = 0,05$  Ом/м.

Тоді:

$$\Delta U = 0,4 \times 0,05 \times 150 = 3\text{В}.$$

Тому навіть на найдовшому відрізку лінії живлення втрати напруги не перевищують 3 В. З огляду на те, що камери можуть стабільно працювати при напрузі 9 В і більше, підсилювачі або додаткові стабілізатори живлення не потрібні.

Загальне споживання системи становить:

$$I_{\Sigma} = 4 \times 0,4 = 1,6\text{А.}$$

Для безпечного запасу по потужності обрано блок живлення з вихідним струмом 2,1 А, що гарантує стабільну роботу системи навіть при пікових навантаженнях.

### 3.2 Інсталяція та первинне налаштування програмно-апаратного комплексу

При розробці системи відеонагляду було вибрано обладнання торгової марки Partizan, а саме:

- камера COD-631H FullHD;
- відеореєстратор CHD-30S HD;
- хаб для мікрофонів AXIS D3110 Connectivity Hub;
- мікрофон AXIS Device Microphone;
- блок живлення 12V/5A КАБ 3М;
- кабель Ethernet CAT-5e (305 м).

Для забезпечення точного монтажу відеокамери в комплекті передбачено клейкий шаблон із зазначенням місць свердління на монтажній поверхні. При установці на металевих конструкціях необхідно забезпечити електроізоляцію корпусу камери від поверхні та кріплень. Забороняється заземлювати корпус камери або будь-який елемент системи відеоспостереження.

За допомогою шестигранних ключів регулюються кути нахилу та повороту об'єктива, поле зору та фокусування. У разі підключення IP-камери до мережі з

DHCP-сервером призначення IP-адреси може здійснюватися автоматично сервером. При відсутності DHCP-налаштування мережевих адрес виконуються вручну відповідно до параметрів локальної мережі.

Рекомендовано встановити пароль доступу до камери через програму Partizan Device Manager і зберегти його в безпечному місці, оскільки відновлення пароля можливе лише в сервісному центрі виробника.

Під час експлуатації обладнання слід дотримуватися низки технічних вимог. Не слід підключати камеру до нестабілізованого джерела живлення, оскільки це може спричинити пожежу, ураження електричним струмом або інші небезпечні ситуації. Джерело живлення та робочий температурний режим повинні відповідати технічним характеристикам камери. Рекомендується використання засобів захисту від блискавки. Самостійне розбирання камери забороняється, оскільки це призводить до втрати гарантії. Нестабільна або недостатня напруга живлення може спричинити циклічні перезапуски або вимкнення камери.

Перед підключенням пристрою до відеореєстратора необхідно встановити жорсткий диск. Для цього слід відкрутити болти кріплення верхньої кришки, закріпити диск у спеціальному відсіку та під'єднати кабель SATA для передачі даних і кабель живлення (рис 3.1)

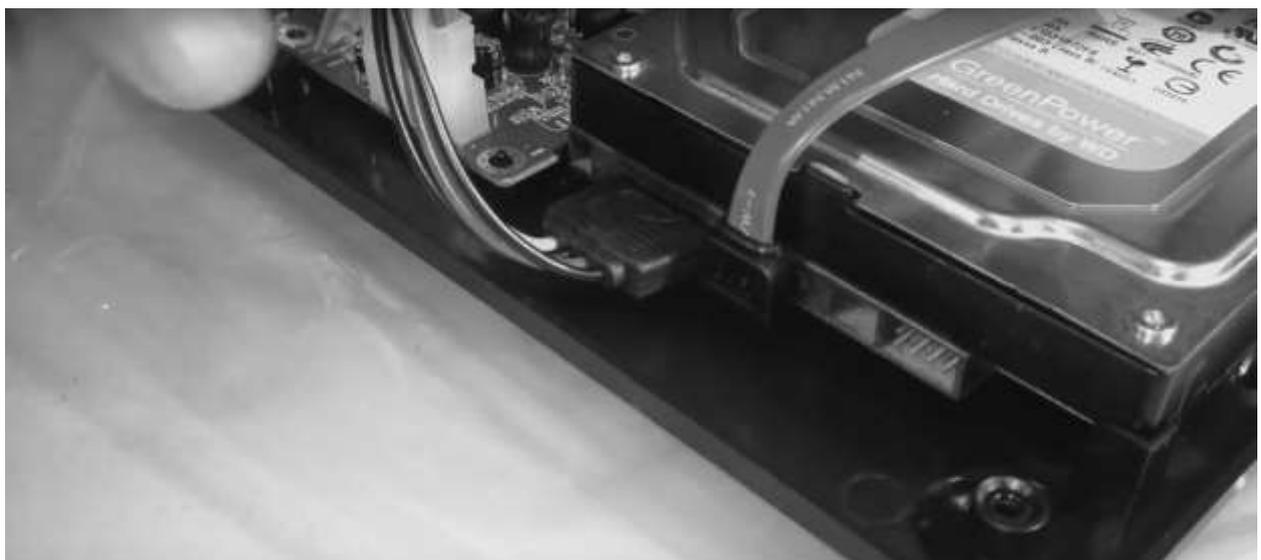


Рисунок 3.1 — Підключений жорсткий диск

Далі підключаються периферійні пристрої до відеореєстратора: блок живлення, камера та миша для керування пристроєм без підключення до мережі Інтернет (рис 3.2)

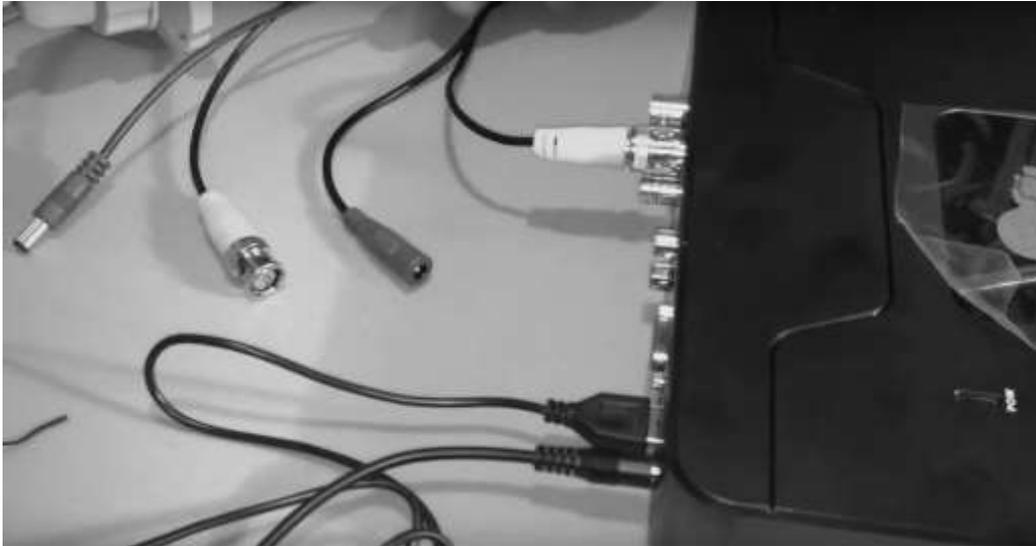


Рис 3.2 — Підключена периферія до відеореєстратора

При підключенні камери сигнальний кабель під'єднується в першу чергу, а живлення — після цього. Живлення камери здійснюється через окремий блок живлення, незалежний від відеореєстратора, що забезпечує стабільну роботу системи на великих відстанях між пристроями.

Далі, щоб забезпечити роботу без необхідності підключення через Інтернет, необхідно підключити монітор до відеореєстратора. Підключення здійснюється через роз'єм VGA (рис. 3.3). Щоб забезпечити можливість підключення через Інтернет, необхідно підключити відеореєстратор до мережі за допомогою кабелю Ethernet.

Після підключення живлення до відеореєстратора, камер та монітора система вважається зібраною та готовою до експлуатації. Для початку роботи необхідно під'єднати мікрофон AXIS D3110 до локальної мережі за допомогою Ethernet, підключити кабель живлення та сам мікрофон (рис. 3.4). За потреби можлива установка карти пам'яті у слот для SD-карт, що дозволяє здійснювати локальний запис аудіофайлів.



Рис 3.3 — Підключений монітор



Рисунок 3.4 — Порти аудіо, Ethernet і живлення у хаба AXIS D3110

### 3.3 Методика конфігурування програмного забезпечення

Для забезпечення передачі відеоданих на комп'ютер із програмним забезпеченням для розпізнавання об'єктів на місцевості необхідно налаштувати трансляцію сигналу через локальну мережу за допомогою веб-додатку

PARTIZAN DEVICE MANAGER. Для цього у веб-браузері слід зберегти IP-адресу відеореєстратора та активувати автоматичний пошук пристроїв у відкритому вікні програми. Автоматичний пошук обладнання Partizan у локальній мережі здійснюється натисканням кнопки «Пошук» (рис. 3.5).

Після завершення сканування локальної мережі програмне забезпечення відобразить перелік виявлених пристроїв, до яких можливе підключення за умови введення відповідних облікових даних. За замовчуванням на відеокамерах використовується логін «admin» без пароля, тоді як на відеореєстраторах стандартними є логін «admin» та пароль «admin».

Для прослуховування мікрофона в реальному часі необхідно зайти в меню «Стрім» і включити передачу звуку. Налаштування завершене

У підменю «Аудіо» можна налаштувати мікрофон (рис. 3.6).

У відповідному меню програмного забезпечення користувач має можливість здійснювати повний контроль над роботою мікрофона. Зокрема, доступні функції активації та деактивації пристрою, регулювання рівня гучності запису звукового сигналу та гучності його відтворення, вибір типу підключеного мікрофона (наприклад, конденсаторний або динамічний), а також встановлення режиму живлення пристрою, що дозволяє оптимізувати енергоспоживання та забезпечити стабільність роботи в різних умовах експлуатації.

Для інтеграції аудіосигналу з мікрофона в програмне забезпечення, яке здійснює аналіз звукової інформації, необхідно скористатися веб-браузером і ввести IP-адресу підключеного хаба у відповідний адресний рядок. Після першого підключення користувач повинен створити обліковий запис адміністратора, що надає права доступу до всіх функцій хаба. Після успішного створення облікового запису відкривається інформаційне вікно, яке відображає стан підключених мікрофонів, параметри аудіозапису, поточні налаштування живлення та інші технічні характеристики. Такий підхід дозволяє не лише контролювати якість та рівень запису, а й забезпечує можливість інтеграції даних у систему відео- та аудіоаналізу для комплексного розпізнавання об'єктів на місцевості.



Рисунок 3.5 — Вікно автоматичного пошуку апаратури

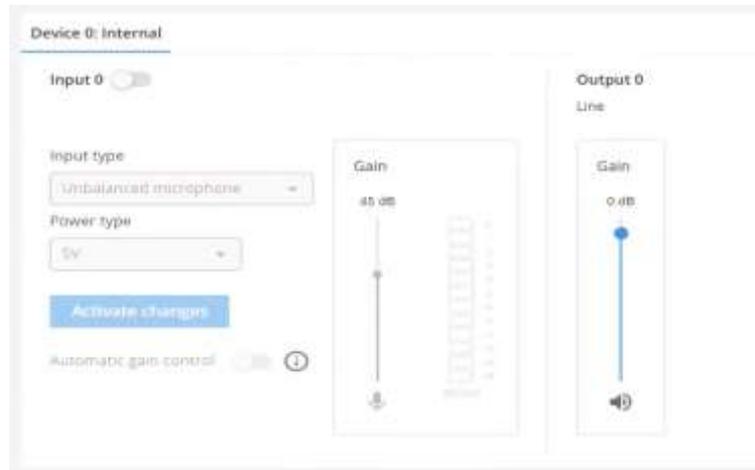


Рисунок 3.6 — Налаштування звуку

## 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ

### 4.1 Експериментальний аналіз результатів дослідного впровадження системи

Тестування продуктивності системи є ключовим етапом впровадження будь-яких систем відеоспостереження. Воно дає змогу оцінити, чи функціонують усі компоненти системи відповідно до заданих параметрів, чи відповідає система встановленим вимогам, а також виявити та усунути потенційні несправності до початку експлуатації.

Оскільки камери є центральними елементами системи відеоспостереження, їх перевірка потребує підвищеної уваги. Тестування здійснювалося шляхом аналізу відеозаписів, отриманих камерою COD-631H. Оцінювалися такі параметри, як можливість передачі відеосигналу, якість зображення, відповідність нормативним показникам, частота кадрів та відсутність оптичних дефектів, таких як хроматична аберація, за різних умов освітлення та погодних ситуацій. Результати тестування підтвердили працездатність камери та готовність системи до експлуатації (рис. 4.1).

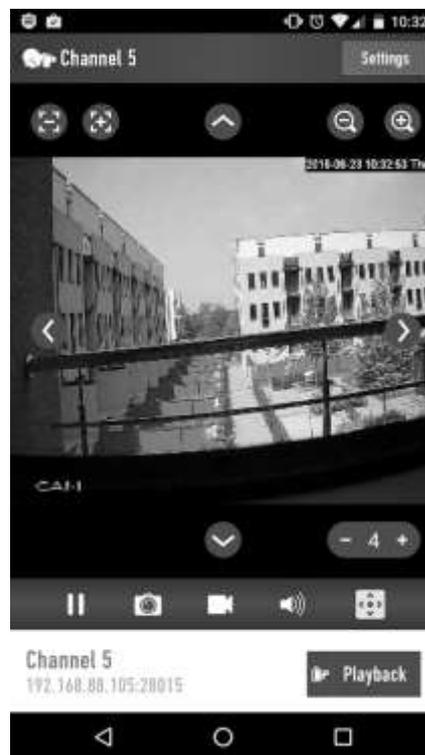


Рисунок 4.1. — Вікно перегляду відео через додаток на Андроїді

Мікрофон тестувався за аналогічною процедурою. Оцінювалася якість записаного звуку, рівень власного шуму мікрофона та ефективність системи подавлення зовнішніх шумів. Усі параметри відповідали очікуваним значенням.

Паралельно з перевіркою камери та мікрофона було протестовано програмне забезпечення та комп'ютер, що використовувався для запису аудіо- та відеоданих. Оскільки від справності цих компонентів залежить якість отриманих матеріалів, їхнє коректне функціонування підтверджує готовність системи до експлуатації.

#### 4.2 Алгоритмічні аспекти використання програмного забезпечення

Partizan Device Manager дозволяє налаштовувати відеокамери або відеореєстратори шляхом використання їх IP-адреси або MAC-адреси.

Можливості Partizan Device Manager:

- автоматичний пошук пристроїв Partizan в мережі;
- додавання пристроїв Partizan вручну до списку камер (через IP-адресу чи за MAC-адресою);
- видимість інформації про пристрій: дата і версія прошивки, Partizan ID, MAC-адреса тощо;
- зміна паролю пристрою;
- перегляд потокового відео;
- оновлення прошивки пристрою, скидання налаштування до заводських параметрів;
- автоматичне або ручне налаштування мережевих параметрів пристрою.

Програмне забезпечення Partizan Device Manager підтримує два режими роботи: стандартний та PRO. У стандартному режимі доступні лише базові налаштування пристрою, що дозволяє змінювати ключові параметри без спеціальної підготовки користувача. PRO-режим призначений для досвідчених операторів і надає розширені можливості для виконання складних конфігурацій

пристрою. Перемикання між режимами здійснюється у налаштуваннях програми Device Manager (рис. 4.2).

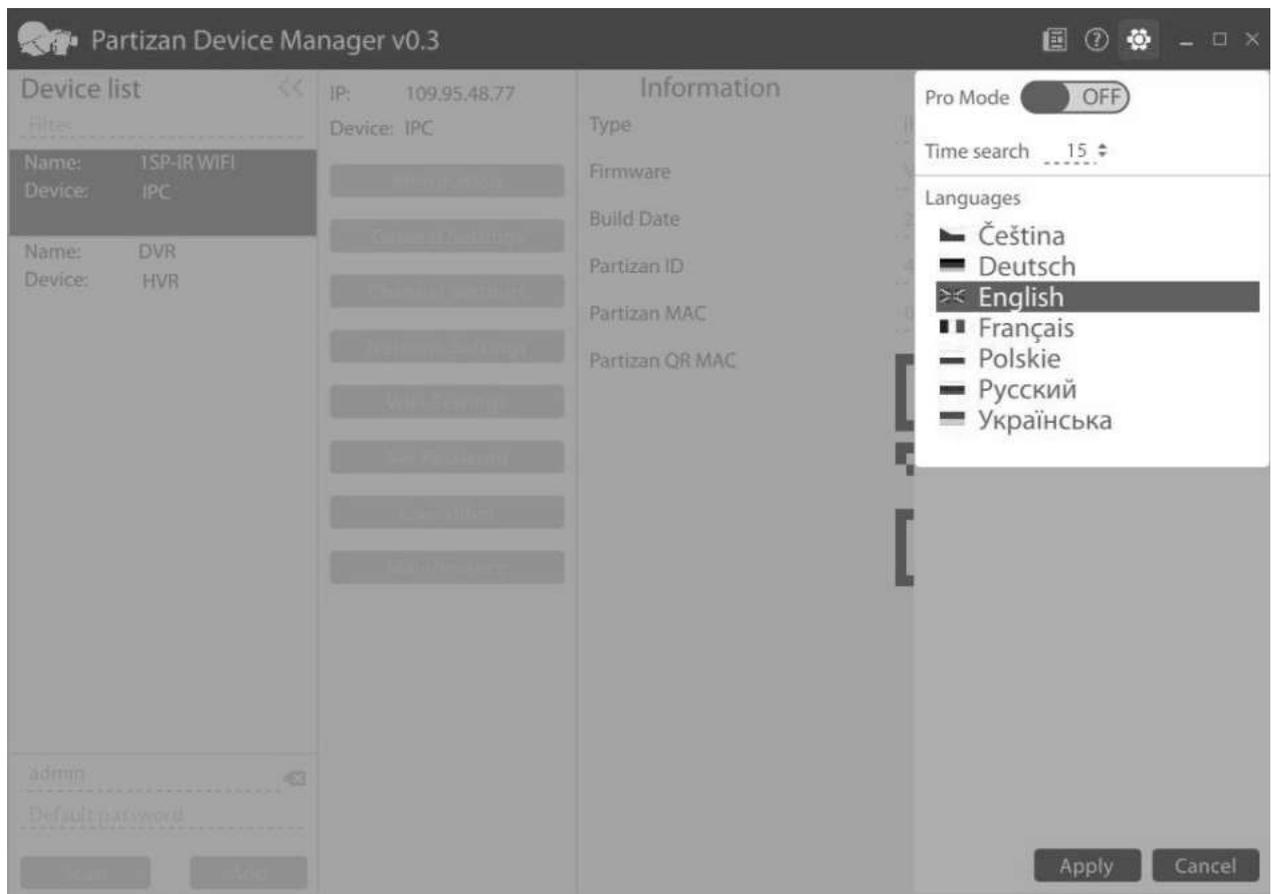


Рисунок 4.2 — Вибір режиму роботи

Для ручного додавання нового пристрою необхідно натиснути кнопку «Додати», обрати метод підключення в меню (за IP-адресою або MAC-адресою) і вказати відповідні параметри підключення до обраного пристрою (рис. 4.3).

Partizan Device Manager також підтримує підключення камер через DHCP. Ця функція дозволяє камері автоматично призначати IP-адресу собі та іншим пристроям у мережі, що забезпечує стабільну роботу системи. Використання DHCP мінімізує ймовірність помилок налаштування через людський фактор і усуває потребу вручну конфігурувати параметри для кожної камери. Крім того, DHCP запобігає конфліктам IP-адрес, що можуть виникати при повторному використанні раніше призначених адрес, що суттєво спрощує управління системою відеоспостереження (рис. 4.4).

The image shows a form for manually adding a device. The fields are as follows:

- Name: Device name
- IP or MAC:  IP
- IP (Url): Device IP or Url
- Port: 34567
- MAC: (empty)
- User name: admin
- Password: Password
- Remember:  Yes

Buttons: Add, Cancel

Рисунок 4.3 — Меню ручного додавання

У вкладці «Інформація» користувач може переглянути версію та дату випуску прошивки, а також отримати MAC-адресу або Partizan ID пристрою. Ці дані є необхідними для налаштування та роботи будь-якого IP-обладнання Partizan за допомогою відповідного програмного забезпечення. Наприклад, для додавання IP-камери у мобільні додатки або сервіс Partizan Cloud Storage потрібна MAC-адреса камери, а також її логін і пароль (рис. 4.5).

Partizan Cloud Storage — це хмарний сервіс, що дозволяє зберігати відеоархів безпосередньо в хмарному сховищі Partizan. Використання цього сервісу забезпечує можливість запису та перегляду відео з IP-камер або аналогових камер без потреби у фізичних носіях, таких як SD-карти, жорсткі диски або USB-флеш-пам'ять. Якщо доступ до інформації через Device Manager неможливий, MAC-адресу пристрою можна знайти безпосередньо на камері, на упаковці або за допомогою QR-коду, розміщеного зазвичай на останній сторінці інструкції.



Рисунок 4.4 — Меню налаштування по DHCP



Рисунок 4.5 — Меню інформації

Для перегляду відео через Device Manager потрібно перейти до розділу "Потокове відео". Там ви можете вибрати потік трансляції і переглядати відео в повноекранному режимі (рис 4.6).

На базі Partizan Device Manager розроблений сервіс оновлення прошивки апаратури Partizan.

Всі прошивки діляться на дві групи:

- стандартна прошивка буде працювати в додатках Partizan Pro, Partizan CMS і Partizan ACM;
- хмарна прошивка буде підтримувати хмарний протокол з'єднання.

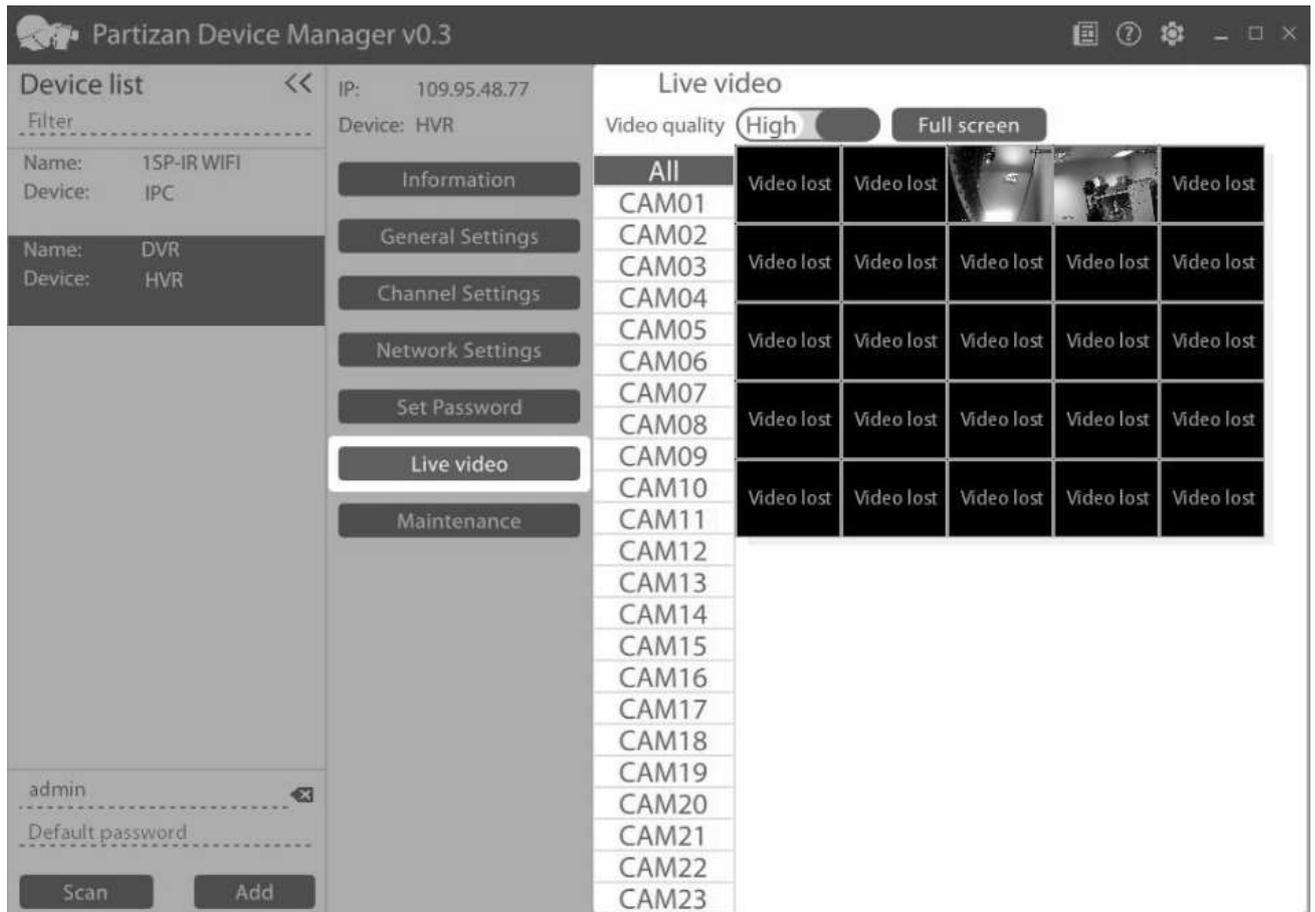


Рисунок 4.6 — Потокове відео

Перед початком експлуатації пристрою необхідно визначити його основне призначення та встановити відповідне програмне забезпечення. Камери з базовим програмним забезпеченням не сумісні з Partizan Cloud Storage, тоді як пристрої з хмарною прошивкою працюють виключно з хмарними додатками Partizan Cloud Storage для ПК та мобільних платформ і не можуть бути підключені до стандартних програм, таких як Partizan Pro.

У розділі «Сервіс» диспетчера пристроїв передбачено дві кнопки для оновлення програмного забезпечення, кожна з яких завантажує відповідну прошивку з сервера. Якщо необхідна прошивка вже присутня в базі даних, вона автоматично завантажується та встановлюється на пристрій, після чого відбувається його автоматичне перезавантаження. При цьому налаштування пристрою залишаються незмінними.

У разі відсутності прошивки в базі даних система автоматично надсилає запит до відділу розробки Partizan Security. Протягом трьох робочих днів відповідна прошивка створюється та додається до бази даних.

Для скидання налаштувань камери до заводських параметрів необхідно відкрити меню «Сервіс» та обрати опцію «Скидання до заводських налаштувань» (рис. 4.7).

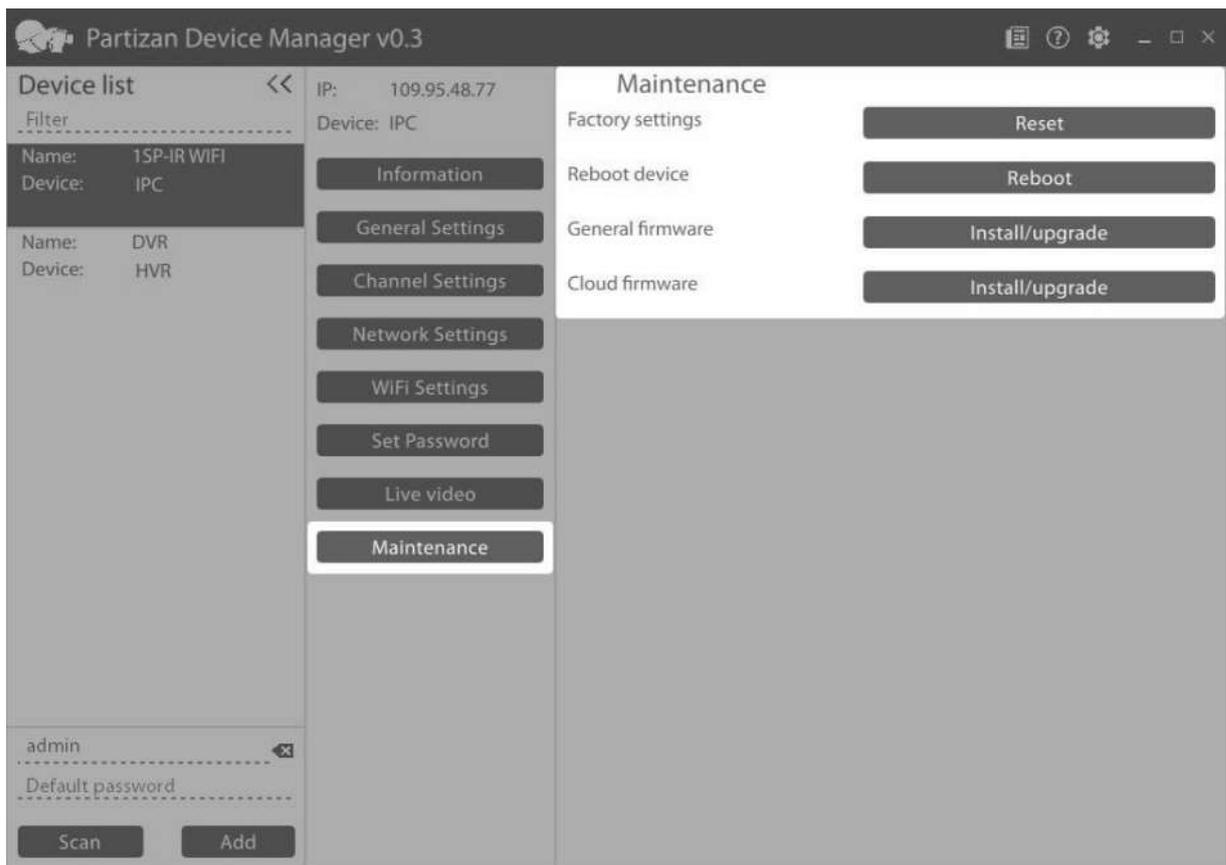


Рисунок 4.7 — Кнопки для завантаження і встановлення файлів прошивки

Вбудоване меню камери активується за допомогою важеля джойстика, розташованого у місці підключення шнурів живлення та відеоінтерфейсу (рис. 4.8). Переміщення джойстика вгору або вниз забезпечує навігацію по меню, напрямки позначені на корпусі як «ВГОРУ» та «ВНИЗ». Переміщення важеля вліво або вправо («L» або «R») дозволяє обирати параметри для поточного пункту або регулювати шкали значень. Натискання верхньої частини джойстика відповідає команді «Вхід» та відкриває наступний рівень підменю, якщо така функція доступна.



Рисунок 4.8 — Джойстик АHD камер

Тривале натискання важеля вліво («L») перемикає камеру у режим CVBS. Якщо в меню активована опція COMET PAL, при тривалому натисканні важеля вліво камера переходить у режим AHDL. Тривале натискання важеля вправо («R») активує вищий режим АHD: AHDM або АHDН, залежно від технічних

можливостей камери. Кожен розділ меню завершуються пунктами виходу, що дозволяє повернутися на попередній рівень із збереженням внесених змін або зберегти зміни та закрити меню повністю.

### 4.3 Практичні особливості експлуатації акустичного аналізатора

Для доступу до налаштувань мікрофона необхідно ввести IP-адресу мікрофонного хаба у веб-браузері. У відкритому вікні відображається стан підключення до сервера NTP, а також основна інформація про хаб, включно з IP-адресою, серійним номером та версією прошивки. Тут же можна оновити прошивку до актуальної версії.

Для запису звуку на SD-карту слід перейти до меню «Аудіозаписи» та натиснути кнопку «+», що розпочне створення нового аудіофайлу. З того ж меню можна відтворювати раніше записані файли за допомогою кнопок «Відтворити» та «Зупинити», а також обирати необхідний файл зі списку для перегляду або прослуховування.

Для добавлення нового програмного функціоналу необхідно зайти в меню «Додатки» (Рис 4.9).

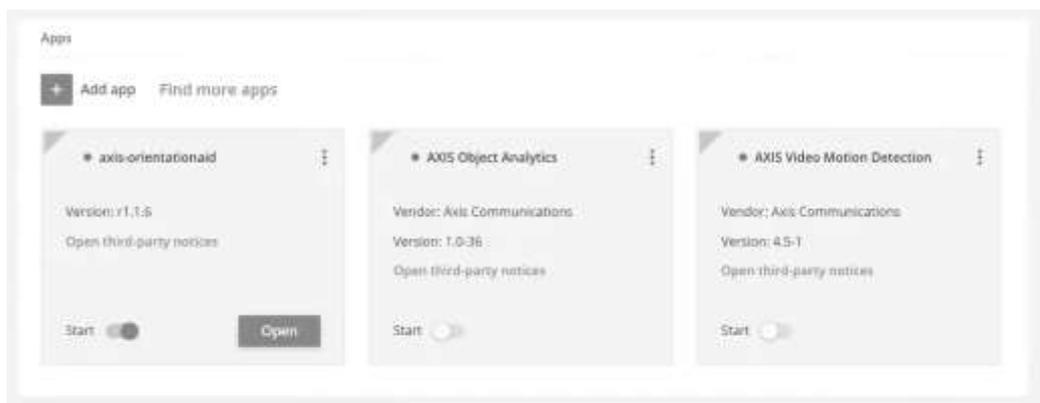


Рисунок 4.9 — Меню «Додатки»

У цьому меню надається можливість завантажувати та встановлювати додаткові програми, розроблені компанією AXIS. Для цього необхідно натиснути кнопку «Додати програми» та обрати потрібні програми зі списку.

Щоб оптимізувати використання обсягу пам'яті на SD-карті або на зовнішньому накопичувачі, підключеному до локальної мережі, можна налаштувати систему так, щоб аудіозапис здійснювався лише при наявності звуку, який фіксує мікрофон. У разі відсутності звуку або наявності незначного шуму, який хаб ігнорує, запис не проводиться.

Такий підхід дозволяє зберігати лише активні аудіомоменти, що ефективно виділяє важливі події та усуває непотрібні фонові шуми. Це спрощує подальший аналіз записів, скорочуючи час на пошук значущих подій і дозволяє швидше відтворювати потрібні фрагменти без перегляду тривалих проміжків без активності.

Крім того, економія пам'яті забезпечує більш тривале зберігання історії аудіозаписів, що може бути критично важливим для відновлення подій за більш тривалий період. У разі інцидентів доступ до розширеного архіву може стати вирішальним для розслідування та прийняття рішень.

Для налаштування цієї функції потрібно перейти до розділу «Система» -> «Події». Створіть нову подію та надайте їй ім'я. У стовпці «Стан» визначте умови, за яких подія буде активована, наприклад, стан «Звук». У полі «Дія» оберіть, що має відбуватися при настанні зазначених умов — наприклад, «Записати аудіо». У цьому меню також доступні інші можливості налаштування хаба, що дозволяє гнучко керувати подіями та реакціями системи.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості.

Проблематика оперативного та точного розпізнавання об'єктів на місцевості є надзвичайно актуальною в умовах стрімкого розвитку технологій спостереження, автоматизації та безпілотних систем. Аудіо-візуальні комп'ютерні засоби відкривають нові можливості для підвищення безпеки, оптимізації логістики та інтелектуального моніторингу, що робить їх розробку затребуваною на ринку. З огляду на це важливо оцінити потенціал таких рішень у контексті реальних потреб користувачів і конкурентного середовища.

Комерційний аудит дає змогу визначити рівень ринкової привабливості аудіо-візуальних систем, оцінити їх цінність для цільових сегментів, а також проаналізувати конкурентоспроможність і можливі напрями комерційного використання. Він дозволяє виявити оптимальну бізнес-модель, спрогнозувати прибутковість та окреслити маркетингові стратегії, спрямовані на успішну комерційну реалізацію технології.

Технологічний аудит, своєю чергою, фокусується на оцінюванні рівня інноваційності, технічної здійсненності та ефективності розробки. Він передбачає аналіз використовуваних алгоритмів, апаратної бази, масштабованості, надійності та потенціалу подальших удосконалень.

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості, створеної в результаті науково-технічної діяльності, тобто під час виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

Для проведення комерційного та технологічного аудиту залучаємо 3-х незалежних експертів, якими є провідні викладачі випускової або спорідненої кафедри.

Оцінювання науково-технічного рівня аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості та її комерційного потенціалу здійснюємо із застосуванням п'ятибальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, а результати зводимо до таблиці 1.

Таблиця 5.1 — Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості

Критерії	Експерти		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
	Бали, виставлені експертами		
Технічна здійсненність концепції	3	3	3
Ринкові переваги (наявність аналогів)	2	2	1
Ринкові переваги (ціна продукту)	3	2	2
Ринкові переваги (технічні властивості)	3	2	2
Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	2	2	3
Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	3	3
Ринкові перспективи (конкуренція)	2	2	1
Практична здійсненність (наявність фахівців)	3	2	3
Практична здійсненність (наявність фінансів)	3	3	3
Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	3	3
Практична здійсненність (термін реалізації)	3	3	3
Практична здійсненність (розробка документів)	3	3	3
Сума балів	33	30	30
Середньоарифметична сума балів, СБ	31		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 1 робимо висновок про те, що науково-технічний рівень та комерційний потенціал аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості — вище середнього.

## 5.2 Розрахунок витрат на здійснення розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості

Належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці, також будь-які види грошових і матеріальних доплат, які належать до елемента «Витрати на оплату праці».

Витрати на основну заробітну плату дослідників ( $Z_o$ ) розраховують відповідно до посадових окладів працівників, за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p},$$

де  $k$  — кількість посад дослідників, залучених до процесу дослідження;  
 $M_{ni}$  — місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

$T_p$  — число робочих днів в місяці; приблизно  $T_p = (21 \dots 23)$  дні, приймаємо 22 дні;

$t_i$  — число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 2.

Таблиця 5.2 — Витрати на заробітну плату дослідників

Посада	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник	18 000	818	8	6545
Розробник	15 000	682	20	13636
Консультанти	15 000	682	5	3409
Всього:	23591			

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i,$$

де  $C_i$  — погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

$t_i$  — час роботи робітника на виконання певної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду  $C$  і можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}},$$

де  $M_M$  — розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, у 2025 році  $M_M=8000$  грн;

$K_i$  — коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику;

$K_c$  — мінімальний коефіцієнт співвідношень тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці встановленого розміру мінімальної заробітної плати, складає 1,1;

$T_p$  — середня кількість робочих днів в місяці, приблизно  $T_p = 21 \dots 23$  дні, приймаємо 22 дні;

$t_{зм}$  — тривалість зміни, год., приймаємо 8 год.

Додаткова заробітна плата  $Z_d$  всіх розробників та робітників, задіяних у виконанні даного етапу роботи, розраховується як (10...12)% від суми основної заробітної плати всіх розробників та робітників, тобто:

$$З_д = 0,1 \cdot (З_о + З_р) = 0,1 \cdot (23591 + 2312,5) = 2590 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.3 — Витрати на заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н-год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка	Тариф. коєф.	Величина, грн.
Рзробка ситеми відеонагляду	20	5	68	1,36	1360
Збір ситеми відеонагляду	5	4	63,5	1,27	317,5
Тестування	10	4	63,5	1,27	635
Всього					2312,5

Нарахування на заробітну плату  $H_{зп}$  розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$\begin{aligned} H_{зп} &= \beta \cdot (З_о + З_р + З_д) = \\ &= 0,22 \cdot (23591 + 2312,5 + 2590) = 6269 \text{ грн.} \end{aligned}$$

де  $З_о$  — основна заробітна плата розробників, грн.;

$З_р$  — основна заробітна плата робітників, грн.;

$З_д$  — додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

$\beta$  — ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, % (приймаємо для 1-го класу професійності ризику 22%).

Витрати на комплектуючі  $K$ , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$K = \sum_1^n H_i \cdot Ц_i \cdot K_i,$$

де  $H_i$  — кількість комплектуючих  $i$ -го виду, шт.;

$Ц_i$  — ціна комплектуючих  $i$ -го виду, грн.;

$K_i$  — коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = (1, 1 \dots 1, 15)$ ;  $n$  — кількість видів комплектуючих.

Таблиця 4 — Комплектуючі, що використані на розробку

Найменування комплектуючих	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витрачених комплектуючих, грн.
Камера COD-631H	1999	1	1999
Мікрофон AXIS D3110	1349	1	1349
Відеореєстратор CHD-30S	2499	1	2499
Диск Seagate SkyHawk 1TB	2519	1	2519
Всього, з врахуванням коефіцієнта транспортних витрат			9286,26

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування  $A$  в цілому бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц_б}{T_в} \cdot \frac{t}{12}$$

де  $Ц_б$  — загальна балансова вартість всього обладнання, комп'ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, грн.;

$t$  — термін використання основного фонду, місяці;

$T_в$  — термін корисного використання основного фонду, роки.

Таблиця 5 — Амортизаційні відрахування за видами основних фондів

Найменування	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання, місяців	Сума амортизації, грн.
Ноутбук	15000	3	12	3000
Всього				3000

Витрати на силову електроенергію  $V_e$  розраховуються за формулою:

$$Be = \sum \frac{W_i \cdot t_i \cdot Ce \cdot K_{впi}}{ККД} = \frac{0,065 \cdot 140 \cdot 4,32 \cdot 0,85}{0,95} = 30,1 \text{ грн.},$$

де  $W_i$  — встановлена потужність обладнання, кВт;

$t_i$  — тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год.;  $Ce$  — вартість 1 кВт електроенергії, 4,32 грн.;

$K_{впi}$  — коефіцієнт використання потужності;  $ККД$  — коефіцієнт корисної дії обладнання.

Таблиця 6 — Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Потужність, кВт	Тривалість годин роботи
Ноутбук	0,065	1400

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_{в} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{N_{iв}}{100\%} = (23591 + 2312,5) \cdot \frac{65}{100} = 16837,216 \text{ грн.},$$

де  $N_{iв}$  — норма нарахування за статтею «Інші витрати».

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальнопромислові) витрати» розраховуються як 100...200% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{\text{нзв}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%} = (23591 + 2312,5) \cdot \frac{190}{100} = 49216,477 \text{ грн.},$$

де  $H_{\text{нзв}}$  — норма нарахування за статтею «Накладні (загальнопромислові) витрати».

Витрати на проведення розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості. Витрати на проведення науково-дослідної роботи розраховуються як сума всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$V_{\text{заг}} = 23591 + 2312,5 + 2590 + 6269 + 9286,26 + 3000 + 30,1 + 16837,216 + 49216,477 = 113132,4 \text{ грн.}$$

Загальні витрати ЗВ на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи з розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості та оформлення її результатів розраховуються за формулою:

$$ЗВ = \frac{V_{\text{заг}}}{\eta} = \frac{113132,4}{0,5} = 226264,83 \text{ грн.},$$

де  $\eta$  — коефіцієнт, що характеризує етап виконання науково-дослідної роботи. Оскільки, якщо науково-технічна розробка знаходиться на стадії розробки дослідного зразка, то  $\eta=0,5$ .

5.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів цієї чи іншої науково-технічної розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

В даному випадку відбувається розробка засобу, тому основу майбутнього економічного ефекту буде формувати:  $\Delta N$  — збільшення кількості споживачів, яким надається інформаційна послуга в аналізовані періоди;  $N$  — кількість споживачів, яким надавалась відповідна інформаційна послуга у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки;  $\Pi_0$  — вартість послуги у році до впровадження інформаційної системи;  $\pm\Delta\Pi_0$  — зміна вартості послуги (зростання чи зниження) від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізовані періоди часу.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора  $\Delta\Pi$  для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховується за формулою:

$$\Delta\Pi = (\pm\Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N_i)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\vartheta}{100}\right),$$

де  $\pm\Delta\Pi$  — зміна основного якісного показника від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізованому році. Зазвичай, таким показником може бути зміна ціни реалізації одиниці нової розробки в аналізованому році (відносно року до впровадження цієї розробки);  $\pm\Delta\Pi_0$  може мати як додатне, так і від'ємне значення (від'ємне — при зниженні ціни відносно року до впровадження цієї розробки, додатне — при зростанні ціни);

$N$  — основний кількісний показник, який визначає величину попиту на аналогічні чи подібні розробки у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки;

$C_0$  — основний якісний показник, який визначає ціну реалізації нової науково-технічної розробки в аналізованому році;

$C_6$  — основний якісний показник, який визначає ціну реалізації існуючої (базової) науково-технічної розробки у році до впровадження результатів;

$\Delta N$  — зміна основного кількісного показника від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізованому році. Зазвичай таким показником може бути зростання попиту на розробку в аналізованому році (відносно року до впровадження розробки);

$\lambda$  — коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2025 році ставка податку на додану вартість становить 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ ;  $\rho$  — коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту (послуги). Рекомендується брати  $\rho = 0,2 \dots 0,5$ ;  $\theta$  — ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2025 році  $\theta = 18\%$ .

Очікуваний термін життєвого циклу розробки 3 роки, тому:

1-й рік	$\Delta P_1$	81967	грн.
2-й рік	$\Delta P_2$	102459	грн.
3-й рік	$\Delta P_3$	143443	грн.

Рік	$C_0$ , грн.	$N$ , шт.	$\Delta C_0$ , грн.	$\Delta N$ , шт.	$C_6$ , грн.	$N_0$ , шт.
1	10000	27	20000	14	30000	13
2	10000	37	20000	24	30000	13
3	10000	57	20000	44	30000	13

Далі розраховують приведену вартість збільшення всіх чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та

комерціалізації науково-технічної розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості :

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t} = \frac{81967}{(1 + 0,1)^1} + \frac{102459}{(1 + 0,1)^2} + \frac{143443}{(1 + 0,1)^3} = 266963,04 \text{ грн.},$$

де  $\Delta\Pi_i$  — збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн.;

$T$  — період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки (приймаємо  $T=3$  роки);

$\tau$  — ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні,  $\tau = 0,05 \dots 0,15$ ;  $t$  — період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

Далі розраховують величину початкових інвестицій  $PV$ , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості . Для цього можна використати формулу:

$$PV = k_{\text{інв}} \cdot ЗВ = 1 \cdot 226264,83 = 226264,83 \text{ грн.}$$

де  $k_{\text{інв}}$  — коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо; зазвичай  $k_{\text{інв}}=1 \dots 5$ , але може бути і більшим;

$ЗВ$  — загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, грн.

Тоді абсолютний економічний ефект  $E_{abc}$  або чистий приведений дохід для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості становитиме:

$$E_{abc} = \text{ПП} - PV = 266963,04 - 226265 = 40698 \text{ грн.},$$

де ПП — приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості, грн.;

PV — теперішня вартість початкових інвестицій, грн.

Оскільки  $E_{abc} > 0$ , то можемо припустити про потенційну зацікавленість у розробці аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості.

Для остаточного прийняття рішення з цього питання необхідно розрахувати внутрішню економічну дохідність  $E_B$  або показник внутрішньої норми дохідності вкладених інвестицій та порівняти її з так званою бар'єрною ставкою дисконтування, яка визначає ту мінімальну внутрішню економічну дохідність, нижче якої інвестиції в будь-яку науково-технічну розробку аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості вкладати буде економічно недоцільно.

Внутрішня економічна дохідність інвестицій  $E_B$ , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості, розраховується за формулою:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} = \sqrt[3]{1 + \frac{40698}{226265}} = 0,39,$$

де  $T_{ж}$  — життєвий цикл розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості, роки.

Далі розраховуємо період окупності інвестицій  $T_0$ :

$$T_0 = \frac{1}{E_B} = \frac{1}{0,39} = 2,54 \text{ роки.}$$

Оскільки  $T_0 < 1 \dots 3$ -х років, то це свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження цієї розробки аудіо-візуальних комп'ютерних засобів розпізнавання об'єктів на місцевості та виведення її на ринок.

Проведений комерційний та технологічний аудит підтвердив, що аудіо-візуальні комп'ютерні засоби розпізнавання об'єктів на місцевості мають вище середнього рівень науково-технічної досконалості та достатній комерційний потенціал. Експертна оцінка за 12 критеріями показала середньоарифметичний бал 31, що свідчить про перспективність технології для подальшого вдосконалення й виходу на ринок.

Розрахунок витрат на розробку, який охоплює оплату праці, комплектуючі, амортизацію, накладні та інші витрати, показав, що загальні витрати становлять 226,3 тис. грн. Подальший аналіз економічної ефективності можливого впровадження розробки продемонстрував позитивний результат: чистий приведений дохід ( $E_{абс}$ ) становить 40,7 тис. грн, а внутрішня норма дохідності — 0,39, що забезпечує період окупності 2,54 роки.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що розробка є економічно доцільною та комерційно привабливою для потенційного інвестора. Технологія має потенціал бути успішно впровадженою та здатна забезпечити стабільний приріст чистого прибутку протягом прогнозованого життєвого циклу.

## ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі було розроблено системи розпізнавання об'єктів на місцевості. Розроблена система представляє систему відео і аудіоспостереження.

В ході роботи було проведено аналіз пристроїв відео і аудіо нагляду, їх компонентів. Було проведене порівняння характеристик даних пристроїв і визначені найоптимальніші. Також була розроблена архітектура системи аудіо і відео нагляду, проведено обрахунки по найоптимальнішому розташуванню компонентів даної системи.

Відповідно до мети роботи, було вирішено наступні задачі:

- проведено огляд сучасних засобів збору візуальної та акустичної інформації та їх можливого використання;
- проведено теоретичне обґрунтування комплексного підходу до розпізнавання об'єктів на місцевості;
- встановлено апаратну частину системи та проведено налаштування для коректної роботи;
- проведено тестування системи.

Проведене тестування системи відео і аудіонагляду підтвердило його функціональну готовність та відповідність вимогам поставленого технічного завдання.

На основі проведеної роботи, можна зробити висновок, що розроблена система успішно виконує поставлені задачі і є ефективним інструментом для запису відео і аудіо інформації в зовнішньому середовищі. Подальший розвиток підсистеми може включати розширення функціоналу, покращення надійності і стабільності роботи системи та покращену синхронізацію різних частин системи.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Аудіо-візуальні комп'ютерні засоби розпізнавання об'єктів на місцевості [Текст] / Гнідунець В.О., Крупельницький Л. В. // Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2025): Тез. доп. – Вінниця, 2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2026/paper/view/26701>.
2. 4 reasons why you need a security system with cameras | safewise [Електронний ресурс] // SafeWise. – Режим доступу: <https://www.safewise.com/security-system-with-cameras/> (дата звернення: 29.10.2025). – Назва з екрана.
3. 25 benefits and reasons for business security cameras and video surveillance [Електронний ресурс] // Cox BLUE. – Режим доступу: <https://www.coxblue.com/25-benefits-and-reasons-for-business-security-cameras-and-video-surveillance/> (дата звернення: 29.10.2025). – Назва з екрана.
4. Учасники проектів Вікімедіа. Цифрова камера – Вікіпедія [Електронний ресурс] / Учасники проектів Вікімедіа // Вікіпедія. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Цифрова\\_камера](https://uk.wikipedia.org/wiki/Цифрова_камера) (дата звернення: 29.10.2025). – Назва з екрана.
5. Учасники проектів Вікімедіа. Освітленість – вікіпедія [Електронний ресурс] / Учасники проектів Вікімедіа // Вікіпедія. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Освітленість> (дата звернення: 29.10.2025). – Назва з екрана.
6. Учасники проектів Вікімедіа. Мікрофон – вікіпедія [Електронний ресурс] / Учасники проектів Вікімедіа // Вікіпедія. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Мікрофон> (дата звернення: 29.10.2025). – Назва з екрана.
7. Damjanovski V. Cctv: from light to pixels / Vlado Damjanovski. – [S. l.] : Elsevier Science & Technology Books, 2013. – 616 с.
8. Zeljkovic V. Video surveillance techniques and technologies / Zeljkovic Vesna – [S. l.] : Idea Group,U.S., 2014. – 502 с.

9. Caputo T. C. Digital video surveillance and security / Tony C. Caputo. – Amsterdam : Butterworth-Heinemann, 2010. – 440 с.
10. Учасники проектів Вікімедіа. КМОН-сенсор – вікіпедія [Електронний ресурс] / Учасники проектів Вікімедіа // Вікіпедія. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/КМОН-сенсор> (дата звернення: 29.10.2025). – Назва з екрана.
11. Учасники проектів Вікімедіа. Прилад із зарядовим зв'язком – Вікіпедія [Електронний ресурс] / Учасники проектів Вікімедіа // Вікіпедія. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Прилад\\_із\\_зарядовим\\_зв'язком](https://uk.wikipedia.org/wiki/Прилад_із_зарядовим_зв'язком) (дата звернення: 29.10.2025). – Назва з екрана.
12. Учасники проектів Вікімедіа. Відеореєстратор – вікіпедія [Електронний ресурс] / Учасники проектів Вікімедіа // Вікіпедія. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Відеореєстратор> (дата звернення: 29.10.2025). – Назва з екрана.
13. Matchett A. CCTV for security professionals / Alan Matchett. – [S. l.] : Elsevier Science & Technology Books, 2003. – 304 с.
14. Intelligent video surveillance systems [Електронний ресурс] / ред. J.-Y. Dufour. – Hoboken, NJ USA : John Wiley & Sons, Inc., 2012. – 590 с.
15. Harwood E. Digital CCTV: a security professional's guide / Emily Harwood. – Amsterdam : Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2008. – 311 с.
16. Kolekar M. H. Intelligent Video Surveillance Systems: An Algorithmic Approach / Maheshkumar H. Kolekar. – [S. l.] : Chapman & Hall/CRC, 2018. – 208 с.
17. Xu N., Lin W., Lu X., Wei Y. Video Object Tracking: Tasks, Datasets, and Methods / Ning Xu, Weiyao Lin, Xiankai Lu, Yunchao Wei. – Cham : Springer, 2024. – (Synthesis Lectures on Computer Vision) – 216 с.
18. Luo J., Caputo B., Zweig A., Bach J-H. Object Category Detection Using Audio-Visual Cues [Електронний ресурс] / J. Luo, B. Caputo, A. Zweig, J-H. Bach // In: Gasteratos A., Vincze M., Tsotsos J.K. (eds). Computer Vision Systems (Lecture Notes in Computer Science, vol. 5008). – Berlin : Springer, 2008. – С. 539-

548. – Режим доступа: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-79547-6\\_52](https://doi.org/10.1007/978-3-540-79547-6_52) (дата звернення: 29.10.2025).

19. Li L., Bai X., Xu J., Wang D., Jiang T. Multimodal Learning Audio-Visual Detection for Obtaining Object-Level Sound Sources in Japanese-Language Teaching Room [Електронний ресурс] / Li L., Bai X., Xu J., Wang D., Jiang T. // Scientific Reports. – 2025, vol. 15, article 16632. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00588-0> (дата звернення: 29.10.2025)

20. Gudekar S. K., Shinge N., Satpute S., Madankar S. B. Object Detection in Video Surveillance System [Електронний ресурс] / S. K. Gudekar, N. Shinge, S. Satpute, S. B. Madankar // International Journal of Computer Science & Information Technology Research, 2015, vol. 3, № 1, С. 322-327. – Режим доступа: <https://www.researchpublish.com/upload/book/Object%20Detection%20in%20Video%20Surveillance%20System-1250.pdf> (дата звернення: 29.10.2025).

21. Payghode V. Object Detection and Activity Recognition in Video Surveillance [Електронний ресурс] / V. Payghode // International Journal of WIS, 2023, vol. 19, № 3-4, С. 123-160. – Режим доступа: <https://www.emerald.com/ijwis/article/19/3-4/123/160463/Object-detection-and-activity-recognition-in-video> (дата звернення: 29.10.2025).

22. Eckert M. Object Detection Featuring 3D Audio Localization for Blind Assistance [Електронний ресурс] / М. Eckert. – 2018. – С. (...). – Режим доступа: <https://www.scitepress.org/papers/2018/66556/66556.pdf> (дата звернення: 29.10.2025)

23. Pieropan A., Salvi G., Pauwels K., Kjellström H. Audio-Visual Classification and Detection of Human Manipulation Actions [Електронний ресурс] / A. Pieropan, G. Salvi, K. Pauwels, H. Kjellström. – 2014. – С. (...). – Режим доступа: [https://people.kth.se/~hedvig/publications/iros\\_14.pdf](https://people.kth.se/~hedvig/publications/iros_14.pdf) (дата звернення: 29.10.2025).

**ДОДАТОК А**

Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України

Вінницький національний технічний університет

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

Кафедра обчислювальної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ

проф., д.т.н. Азаров О. Д.

«03» 10 2025р.**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

«Аудіо-візуальні комп'ютерні засоби розпізнавання об'єктів на місцевості»

Науковий керівник: к.т.н., доц. доцент каф.  
ОТ

\_\_\_\_\_ Крупельницький Л.В.

Студент групи 2КІ-24м

\_\_\_\_\_ Гнідунець В.О.

## 1 Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

1.1 Актуальність теми зумовлена необхідністю інтеграції таких систем у різні сфери життя, від промисловості до побуту. З розвитком технологій та смарт-систем, якісне апаратне забезпечення стає критично важливим для забезпечення роботи комплексних систем, що збирають та обробляють великі обсяги даних. Інновації в даній області дозволяють створювати більш точні та ефективні системи, що можуть працювати в різноманітних умовах та забезпечувати високу якість результатів.

### 1.2 Наказ про затвердження теми МКР.

## 2 Мета і призначення МКР

2.1 Метою роботи є створення системи розпізнавання об'єктів на місцевості з підвищеною функціональністю.

2.2 Дана система призначений для виводу відео і аудіо інформації. Передача інформації відбувається за допомогою комп'ютерної мережі.

## 3 Вихідні дані для виконання МКР

3.1 Наявність як мінімум одної камери і мікрофону.

3.2 Можливість виведення відео і аудіоінформації в локальну мережу і в інтернет.

3.3 Забезпечення достатньої якості для роботи програми по визначенню об'єктів на місцевості.

## 4 Вимоги до виконання МКР

Робота повинна бути виконана відповідно до затвердженої теми та наказу про затвердження теми МКР. Всі етапи виконання роботи повинні бути документально оформлені та узгоджені з керівником. Необхідно провести аналіз існуючих рішень та аналогів систем відео і аудіонагляду. Робота повинна

включати розробку системи відео і аудіо спостереження, який використовує мікропроцесорну систему.

### 5 Етапи МКР та очікувані результати

Етапи роботи та очікувані результати приведено в таблиці А.1

Таблиця А.1 — Етапи МКР

№	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	2	3	4	5
1	Вибір, узгодження та затвердження теми МКР	25.09.2025	30.09.2025	
2	Огляд і аналіз засобів для збирання інформації	01.10.2025	04.10.2025	
3	Пошук необхідних компонентів та пристроїв	05.10.2025	11.10.2025	
4	Об'єднання компонентів для створення системи відео і аудіонагляду	12.10.2025	17.10.2025	
5	Налаштування даної системи	18.10.2025	22.10.2025	
6	Перевірка роботи системи відео і аудіонагляду та виправлення помилок	23.10.2025	28.10.2025	
7	Оформлення роботи у вигляді пояснювальної записки та презентації	29.10.2025	04.11.2025	
8	Перевірка виконаної роботи	05.11.2025	07.11.2025	
9	Остаточні виправлення, збирання підписів та зшивання роботи	08.11.2025	10.11.2025	

## Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5
10	Попередній захист проєкту та його рецензування	11.11.2025	11.11.2025	
11	Захист МКР	16.12.2025	22.12.2025	

## 6 Матеріали, що подаються до захисту МКР

До захисту подаються: пояснювальна записка МКР, ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відгук наукового керівника, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

## 7 Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

## 8 Вимоги до оформлення та порядок виконання МКР

При оформлюванні МКР використовуються:

— ДСТУ 3008 : 2015 «Звіти в сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання»;

— ДСТУ 8302 : 2015 «Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання»;

— ГОСТ 2.104-2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи»;

— «Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:21»

— документами на які посилаються у вище вказаних.

**ДОДАТОК Б**  
**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Назва роботи: Аудіо-візуальні комп'ютерні засоби розпізнавання об'єктів на місцевості

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра Обчислювальної техніки, факультет ІТКІ, група 2КІ-24м

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі  
системою StrikePlagiarism (КПІ) 96 %

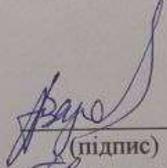
Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту.
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

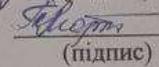
Завідувач кафедри ОТ, Азаров О.Д.

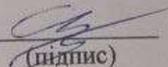
(прізвище, ініціали, посада)

  
(підпис)

Гарант освітньої програми, Мартинюк Т.Б.

(прізвище, ініціали, посада)

  
(підпис)

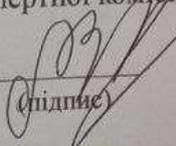
Особа, відповідальна за перевірку 

(підпис)

Захарченко С.М.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 

(підпис)

к.т.н., доц. доцент каф. ОТ, Крупельницький Л.В.

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач Гз

(підпис)

Гнідунець В.О.

(прізвище, ініціали)

**ДОДАТОК В**  
Функціональна схема



Рисунок В.1 — Функціональна схема системи відео і аудіо нагляду

ДОДАТОК Г  
Схема розташування камери варіант 1

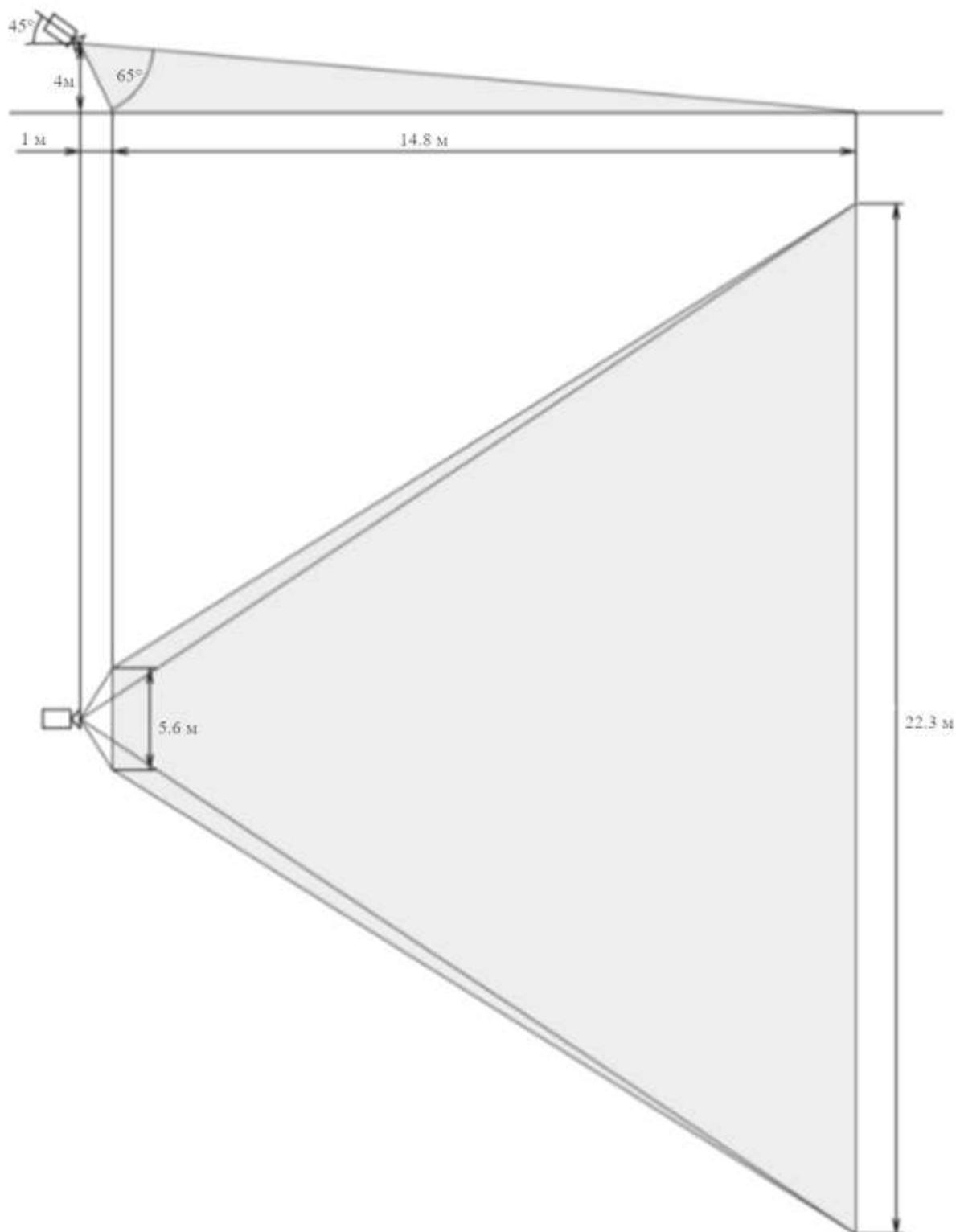


Рисунок Г.1 — Схема розташування камери варіант 1

ДОДАТОК Д  
Схема розташування камери варіант 2

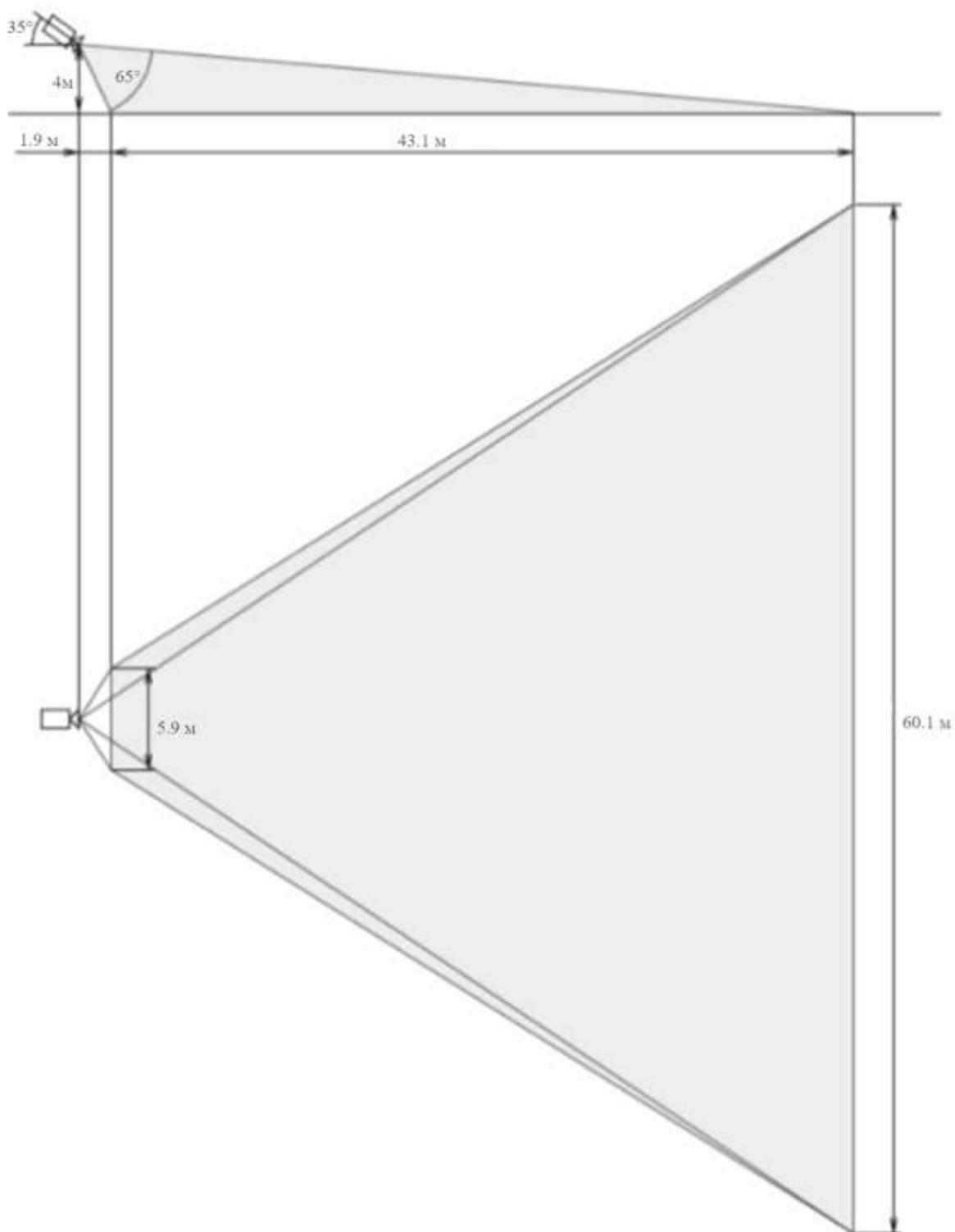


Рисунок Д.1 — Схема розташування камери варіант 2

ДОДАТОК Е  
Схема розташування камери варіант 3

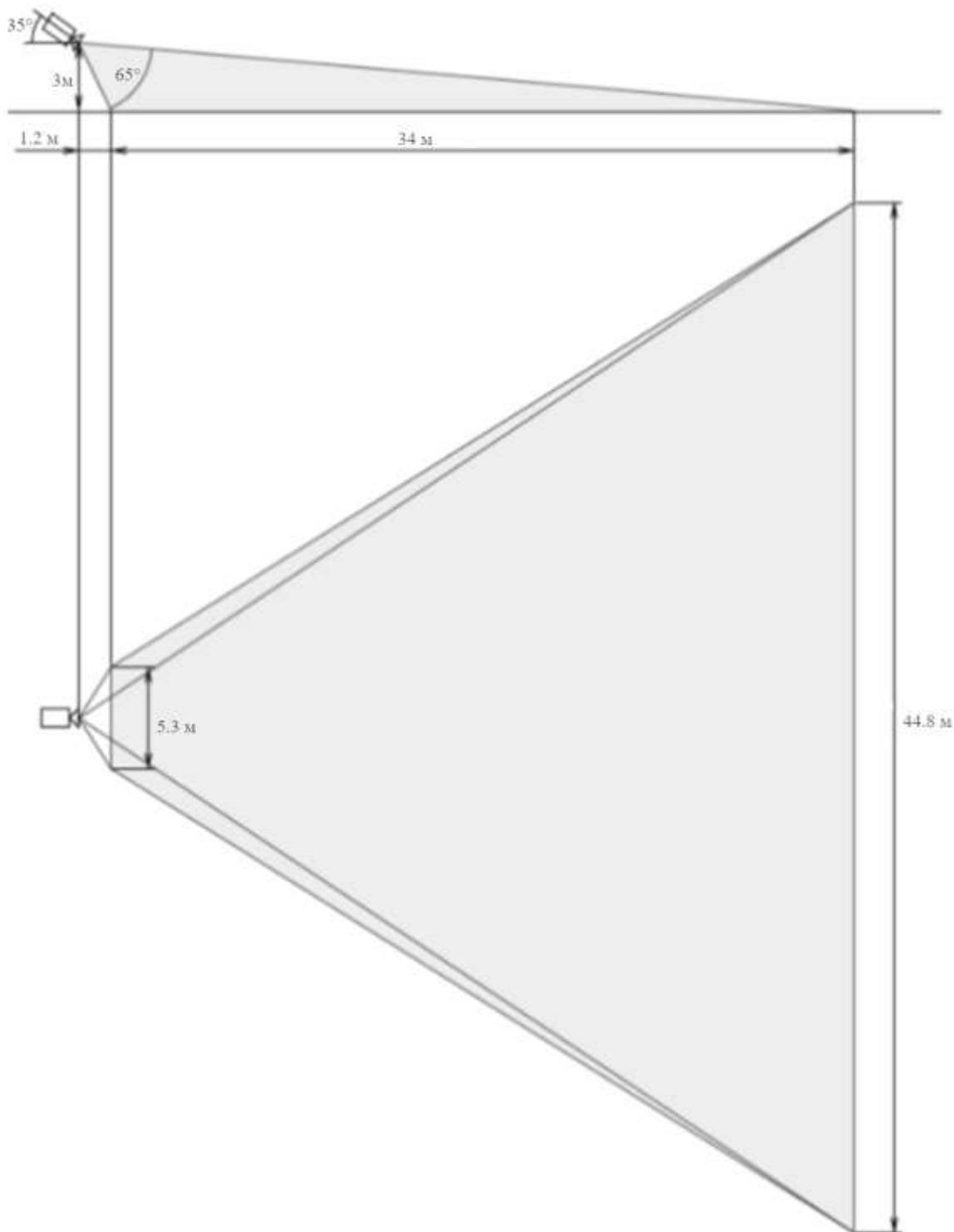


Рисунок Е.1 — Схема розташування камери варіант 3

ДОДАТОК Ж  
Схема розташування камери варіант 4

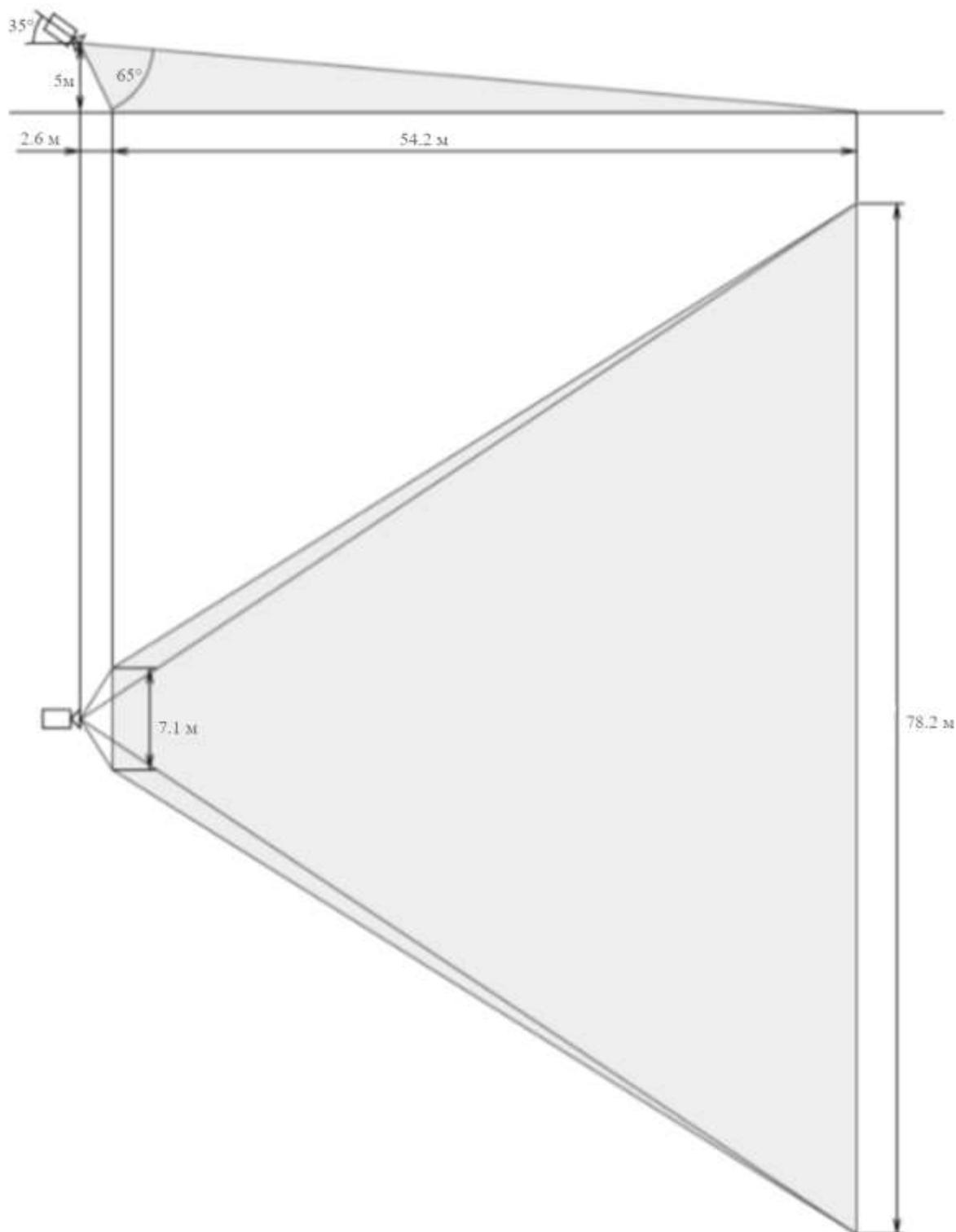


Рисунок Ж.1 — Схема розташування камери варіант 4