

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,  
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

Віктор ГНАТЮК  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**

**Тема:** «Система експлуатації рентгенівського обладнання для догляду багажу»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ Дмитро ПОДСЕВАК  
(підпис)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Максим ЗАЛІСЬКИЙ  
(підпис)

**Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:**

**Консультант розділу «Охорона праці»** \_\_\_\_\_ Батир ХАЛМУРАДОВ  
(підпис)

**Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»**  
\_\_\_\_\_ Андріан ЯВНЮК  
(підпис)

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ Денис БАХТІЯРОВ  
(підпис)

Київ 2023

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

Віктор ГНАТЮК  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ на виконання кваліфікаційної роботи

Подсєвак Дмитра Костянтиновича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Система експлуатації рентгенівського обладнання для догляду багажу»

затверджена наказом ректора від «28» вересня 2023 р. №1965/ст

2. Термін виконання роботи: з 02.10.2023 р. по 31.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Принципи побудови засобів догляду пасажирів та багажу; Фізичні та геометричні закони, що описують процес формування тіньового зображення; Методи обробки зображень та розпізнавання образів.

4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз літературних джерел за темою роботи; Стан авіаційної безпеки в цивільній авіації та її нормативно-законодавча база; Загальні принципи побудови технічних засобів доглядового контролю; Аналіз принципів функціонування рентгенно-телевізійних інтроскопів; Побудова тіньових зображень об'єктів контролю простої форми та складної форми; Охорона праці; Охорона навколишнього середовища.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: Структура служби авіаційної безпеки аеропорту, Класифікація методів внутрішньої структури ОК; Функціональна схема рентгенівського обладнання догляду багажу; Організація пункту догляду.

## 6. Календарний план-графік

№ пор	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Аналіз літературних джерел за темою роботи	02.10.2023- 04.10.2023	Виконано
2	Визначення основних розділів ПЗ, та завдань які вирішуються в роботі	05.10.2023- 08.10.2023	Виконано
3	Стан авіаційної безпеки в цивільній авіації та її нормативно-законодавча база	09.10.2023- 22.10.2023	Виконано
4	Технічні засоби САБ та їх класифікація.	23.10.2023- 05.11.2023	Виконано
5	Розробка блоку обробки сигналу. Розробка методу виявлення небезпечних предметів	06.11.2023- 20.11.2023	Виконано
6	Технічна експлуатація інтроскопу. Розробка програм діагностування.	21.11.2023- 30.11.2023	Виконано
7	Охорона праці	01.12.2023- 06.12.2023	Виконано
8	Охорона навколишнього середовища	07.12.2023- 17.12.2023	Виконано
9	Підготовка до захисту роботи. Оформлення презентації для виступу	18.12.2023- 28.12.2023	Виконано

## 7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	к.м.н., професор Батир ХАЛМУРАДОВ		
Охорона навколишнього середовища	к.б.н., доц. Андріан ЯВНЮК		

8. Дата видачі завдання: “29” вересня 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Заліський М.Ю.  
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Подсевак Д.К.  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Система експлуатації рентгенівського обладнання для догляду багажу» містить 94 сторінки, 29 рисунків, 5 таблиць та 20 літературних джерел.

**Ключові слова:** АВІАЦІЙНА БЕЗПЕКА, ДОГЛЯДОВА ТЕХНІКА, ІНТРОСКОП, РЕНТГЕНОТЕЛЕВІЗІЙНА СИСТЕМА, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ВНУТРІШНЯ СТРУКТУРА ОБ'ЄКТА КОНТРОЛЮ.

**Об'єкт дослідження** – цифрові методи виявлення небезпечних об'єктів серед багажу.

**Предмет дослідження** – Принципи побудови засобів догляду пасажирів та багажу.

**Мета кваліфікаційної роботи** – розробити та запропонувати схему формування та обробки зображення, побудувати діагностичну модель.

**Методи дослідження** аналіз наукової літератури, закономірності формування проекційних зображень, математичні методи обробки зображень, статистичне моделювання процесів.

Результати роботи можуть бути використані в дослідно-конструкторських установах вході розроблення нових та вдосконалення існуючих інтроскопічних систем контролю багажу та пасажирів в цивільній авіації, а також в навчальних закладах для підготовки фахівців у галузі експлуатації технічних засобів забезпечення цивільної авіації.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
<b>РОЗДІЛ 1. СТАН АВІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЇЇ ЗАКОНОДАВЧА БАЗА.....</b>	<b>11</b>
1.1 Нормативно-законодавча база авіаційної безпеки в цивільній авіації.....	11
1.2 Структура підрозділу авіаційної безпеки аеропортів.....	17
1.3 Персонал служби авіаційної безпеки.....	19
Висновки до розділу 1.....	22
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ СЛУЖБИ АВІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ.....</b>	<b>23</b>
2.1 Класифікація технічних засобів авіаційної безпеки .....	23
2.2 Багаторівневий метод контролю пасажирів та багажу.....	29
2.3 Рентгенівські інтроскопи: принцип дії та структурні схеми.....	32
2.4 Функціональні можливості сучасних рентгенотелевізійних інтроскопів.....	37
2.5 Огляд існуючих моделей рентгенотелевізійних інтроскопів.....	41
Висновки до розділу 2.....	43
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА БЛОКУ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ.....</b>	<b>44</b>
3.1 Розробка структурної блоку схеми формування зображення.....	44
3.2 Розробка методу виявлення небезпечних предметів.....	48
3.3 Аналіз методу виявлення небезпечних предметів.....	61
Висновки до розділу 3.....	68
<b>РОЗДІЛ 4. ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ІНТРОСКОПУ..</b>	<b>64</b>
4.1 Основні вимоги до організації пунктів контролю аеропорту.....	64
4.2 Вимоги до рентгенівського доглядового обладнання.....	66
4.3 Розробка програм діагностування схеми формування зображення .....	72
Висновки до розділу 4.....	79
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>	<b>77</b>
5.1 Організація робочого місця інспектора служби авіаційної безпеки.....	77
5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів.....	78

5.3 Розрахунок радіаційного захисту .....	80
5.4 Пожежна безпека .....	82
Висновки до розділу з охорони праці.....	83
<b>РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>84</b>
6.1 Електромагнітне випромінювання та його вплив на організм.....	84
6.2 Засоби захисту від електромагнітного випромінювання.....	87
6.3 Рекомендації щодо зменшення впливу електромагнітного випромінювання...	89
Висновки до розділу з охорони навколишнього середовища.....	90
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>92</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>93</b>

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

ІСАО – Міжнародна організація цивільної авіації;

АБ – авіаційна безпека;

ДК – доглядовий контроль;

ЕМВ – електромагнітне випромінювання;

КО – контрольний огляд;

КТ – комп'ютерна томографія;

РВ – рентгенівське випромінювання;

РЕА – радіоелектронна апаратура;

РОП – радіаційно-оптичний перетворювач;

РТ – рентгенівська трубка;

РТЗ – радіотехнічне забезпечення;

САБ – Служба Авіаційної безпеки;

СТО – система технічного обслуговування;

ТО – технічне обслуговування;

ЦА – цивільна авіація;

ОК – об'єкт контролю;



## ВСТУП

**Актуальність теми** полягає у важливості вирішення проблеми: стрімкі темпи зростання кількості рейсів в глобальній авіаційній мережі суттєво впливає на підвищений ризик протиправних терористичних актів атак на літаки цивільної авіації[13], в наслідок цього системи наземного контролю стикаються з труднощами при проведенні операційного обслуговування потоку об'єктів контролю. З рештою це призводить до вдосконалення технічних засобів забезпечення безпеки та контролю цивільної авіації (ЦА).

Лідуючим способом підвищення рівня безпеки повітряного транспорту є запобігання проникненню на борт повітряного судна об'єктів що становлять небезпеку: вибухівки, зброї, отруйних речовин ін... Для досягнення цієї мети необхідно розробити та впровадити комплексні та сучасні методи перевірки, виявлення та розпізнавання небезпечних об'єктів.

На сьогоднішній день існують актуальні наукові та практичні задачі проектування, розробки і впровадження різноманітних технічних методів виявлення небезпечних об'єктів в режимі реального часу.

**Мета і завдання дослідження.** З метою підвищення ефективності роботи рентгенівського інтроскопу розроблена структурна схема формування зображення та запропонований метод виявлення небезпечних предметів.

**Об'єкт дослідження** – цифрові методи виявлення небезпечних об'єктів серед багажу.

**Предмет дослідження** – методи обробки зображень внутрішньої структури ОК.

**Методи дослідження** засновані на закономірності формування проєкційних зображень, математичні методи обробки зображень, статистичне моделювання процесів.

За результатами досліджень розроблено програмний комплекс для комп'ютерного моделювання процесів і обчислення ймовірнісних характеристик виявлення небезпечних об'єктів.

У роботі розглядаються питання, що стосуються структури служб авіаційної безпеки в аеропортах, і дається короткий огляд нормативних документів, на яких базується її діяльність. Проаналізована класифікація технічних засобів забезпечення авіаційної безпеки (проведення догляду пасажирів та багажу) та аналіз системи експлуатації засобів авіаційної безпеки.

## РОЗДІЛ 1.

### СТАН АВІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЇЇ ЗАКОНОДАВЧА БАЗА

#### 1.1 Нормативно-законодавча база авіаційної безпеки в цивільній авіації

Авіаційна безпека (АБ) – це складна комбінація заходів, людських і матеріальних ресурсів, в першу чергу призначених для захисту об'єктів цивільної авіації від незаконного втручання.

Авіаційна безпека забезпечується комплексним підходом до забезпечення низки заходів, що передбачають створення та скоординовану роботу служб авіаційної безпеки, безпеки аеровокзалів, повітряних суден та об'єктів цивільної авіації, догляд та перевірку екіпажу, обслуговуючого персоналу, пасажирів, багажу, вантажів, запобігання та припинення спроб захоплення та викрадення літальних засобів.

Забезпечення належного стану авіаційної безпеки здійснюється службами авіаційної безпеки, підрозділами охорони та відповідними уповноваженими органами.

Концепція розвитку ЦА України включає в себе тільки принципи безпеки польотів та авіаційної безпеки, наприклад: першочерговий пріоритет збереженню життя та здоров'я людини за результатами виробничої діяльності; здійснення щоденних профілактичних заходів щодо забезпечення безпеки польотів та відповідно до законодавства України та авіаційними нормами. Також визначено державну сертифікацію всіх діючих об'єктів та суб'єктів у галузі цивільної авіації, було проведено незалежне і об'єктивне розслідування з метою виявлення причин авіаційних подій і розробки превентивних заходів що до їх запобігання.

Для забезпечення безпеки польотів в Україні служба авіаційної безпеки (САБ) створена в кожному аеропорту, яка взаємодіє з багатьма правоохоронними органами держави.

Система Служби авіаційної безпеки функціонально завершена і дуже ефективна з точки зору захисту польотів від актів незаконного втручання. Дії терористів постійно змінюються, часто вони не передбачувані, тому САБ потребує постійного вдосконалення.

Узагальнена структурна схема такої взаємодії САБ подана на рис. 1.1.

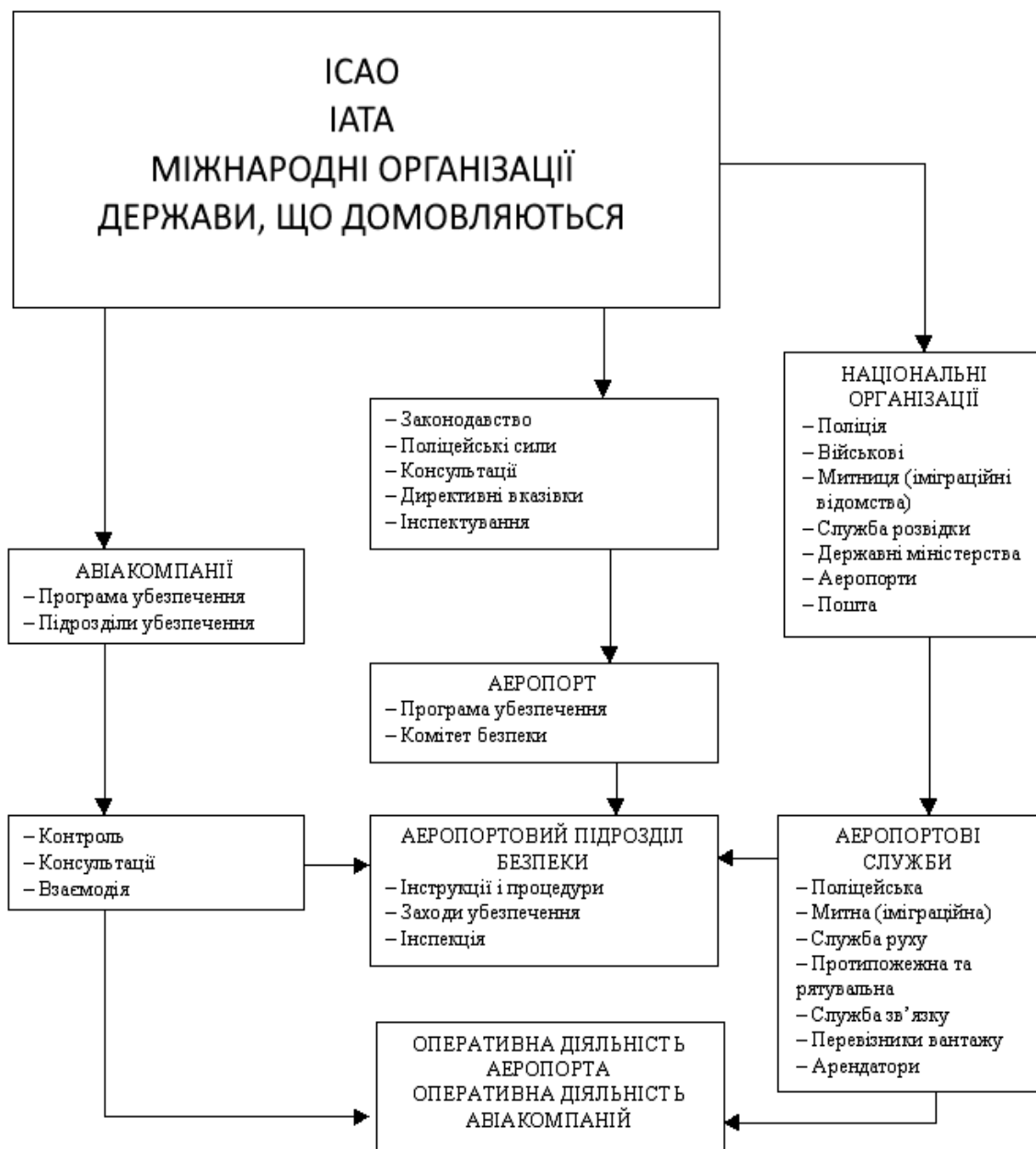


Рисунок 1.1 – Структурна система забезпечення авіаційної безпеки: ІКАО – Міжнародна організація цивільної авіації; ІАТА – Міжнародна організація повітряного транспорту; КРАА – Координаційна Рада асоціацій аеропортів; РМС – Рада митного співробітництва

Координація дій на міжнародному рівні в області САБ здійснюється відповідними структурами ІКАО та міжнародними нормативними документами. Кожен аеропорт має Комітет з авіаційної безпеки, головним завданням якого є надання рекомендацій щодо розробки та координації заходів та процедур безпеки в аеропорту. Його повноваження стосуються нагляду та контролю за виконанням Національної програми авіаційної безпеки в аеропорту. Цей комітет крім всього складає перелік уразливих місць в аеропорту і програму перевірки стану безпеки об'єктів аеропортів.

Технічні засоби служби авіаційної безпеки слід узгоджувати з питанням регулювання пасажиропотоку, багажу та і вантажів, що переміщуються у процесі авіаційних перевезень. В аеропорту розрізняються зони стерильного, контрольованого та обмеженого доступу.

Українська система авіаційної безпеки повинна володіти надійними і недорогими технічними засобами контролю, які з високим ступенем ймовірності у неперервному режимі забезпечила би виявлення небезпечних ОК.

Щоб всебічно оцінити ефективність заходів безпеки ЦА, важливо враховувати тенденції загроз і розробляти стратегії, що відповідають міжнародним вимогам. Відповідно до методологічного підходу та аналізу, проведеного міжнародною організацією цивільної авіації (ІКАО), виділяють сім основних загроз безпеці польотів:

- Захоплення літаків терористами;
- Незаконне перевезення небезпечних вантажів;
- Загрози, які можуть бути викликані агресивними або психічно неврівноваженими пасажирами;
- Незаконне перевезення ядерних і радіоактивних матеріалів;

Убезпечення аеропортів розпочинається вже на етапах їхнього проектування і будівництва. До недавнього часу керівництво діючих авіакомпаній і аеропортів приділяло не достатньо уваги оснащенню аеропортів та інших об'єктів цивільної авіації заходами безпеки і захисту. Тому документ «Убезпечення аеропортів цивільної авіації» був розроблений робочою групою галузевих і державних

експертів. Цей документ є детальним джерелом інформації про основи та цілі безпеки цивільної авіації.

У документі висвітлюються наступні проблеми:

1. Мінімізація впливу вибухів: при нападі на аеропорт враховується використання звичайних вибухових речовин, виявлення саморобних вибухових пристроїв, які можуть бути закладені в транспортні засоби чи предмети багажу.

2. Захист людей — основна увага приділяється забезпеченню постійного або тимчасового захисту авіапасажирів, обслуговуючого персоналу та відвідувачів від нападу із використанням вогнепальної зброї та гранат. В розділі наведені рекомендації щодо використання куленепробивних матеріалів та запобігання переміщенню контрабандних товарів.

3. Контроль доступу — було продемонстровано доцільність зменшення кількості працівників, яким дозволено доступ до контрольованої зони.

4. Захист периметром — детально пояснює важливість захисту периметру як важливого елемента безпеки аеропорту, що значно мінімізує умови для нападу правопорушників на об'єкти чи літаки. В документі висвітлюється детальна інформація про доступні технічні засоби захисту периметру.

В документі наведено регламентовані стандарти для відповідних приміщень та площі для розміщення технічних засобів безпеки, вимоги й рекомендації по їхньому застосуванню технічному обслуговуванню.

Документ є результатом спільної роботи групи експертів і був прийнятий міжнародними авіаційними органами, такими як АСІ та ІАТА, як керівництво для проектування систем безпеки в аеропортах.

**Міжнародні конвенції.** Україна є членом міжнародно-правових норм, прийнятих ІКАО, що стосуються захисту ЦА від актів несанкціонованого втручання, а саме: Токійської конвенції; Гаазької конвенції; а також Монреальського протоколу.

**Державні законодавчі акти.** Програма набуває чинності сили на підставі Повітряного кодексу України та указу головнокомандуючого “Про положення про Державну службу з нагляду за забезпеченням безпеки авіації України”.

Базисом для Національної програми є цілий ряд законодавчих актів на нормативів країни, серед них: Державна програма заснована на економічній діяльності, про підприємство, міжнародних договорах, Кримінальний та Адміністративний кодекс тощо. Уповноваженим органом цивільної авіації України є «Державна служба з нагляду за забезпеченням безпеки авіації України»

Структурний відділ департаменту авіаційної безпеки створено в Державній авіаційній службі. Всі функції авіаційної безпеки авіакомпанії виконує Служба авіаційної безпеки (САБ).

Функції убезпечення об'єктів цивільної авіації покладені на територіальні органи Міністерства внутрішніх справ (МВС) України. В самих аеропортах та інших об'єктах, що відносяться до цивільної авіації охорони громадського порядку є лінійні відділи внутрішніх справ (ЛВВС).

До обов'язків лінійних відділів ЛВВС відносяться:

- Запобігання та виявлення злочинів, проти об'єктів і служб цивільної авіації;
- Постійний контроль і патрулювання всіх ділянок терміналу аеропорту;
- Моніторинг пасажирів для виявлення осіб, які можуть становити загрозу;
- Безпосередню участь в забезпеченні безпеки пасажирів, екіпажу, багажу, під час польоту та під час перебування на землі;
- Приймають участь у плануванні та координації дій в кризових та надзвичайних ситуаціях.

Для координації дій на національному рівні була створена Національна комісія з нагляду за безпекою цивільної авіації. Її повноваження, функціональні обов'язки та умови в рамках цієї комісії гарантують, що вона може надавати консультативну підтримку Державній авіаційній службі, коли це необхідно, вживати координаційних та прямих заходів проти незаконного втручання, проводити нагляд за перебігом виконання цих заходів та консультувати відповідні міністерства з питань авіаційної безпеки.

Розподіл повноважень на обов'язків з метою здійснення контролю безпеки пасажирів, їхніх особистих речей, забезпечує:

1. Повітряний кодекс України;
2. “Положення про Державний департамент авіаційного транспорту України”, що утверджене Указом Президента України № 425/95 від 5 червня 1995 року;
3. “Тимчасові правила контролю з метою забезпечення безпеки цивільної авіації”, затверджене Постановою Кабінету Міністрів України №592 від 2 серпня 1995 року.

В аеропортах України, не залежно від їхнього класу, до всіх авіапасажирів, особистих речей, ручної поклажі в обов’язковому порядку має бути проведена процедура контролю на безпеку, під час якої здійснюється перевірка з використання металошукачів, доглядового обладнання та інших засобів убезпечення безпеки. Якщо з тих чи інших причин використання таких засобів є неможливим, контролю здійснюється вручну.

Ручна перевірка здійснюється з метою виявлення подобрилих предметів, якщо в ході використання технічних засобів, є підозра на наявність заборонених предметів чи небезпечних речовин в багажі чи одязі пасажирів. В якості додаткового запобіжного заходу, згідно з правилами надзвичайних ситуацій, також може бути проведений вибіркового догляду не менше 15% пасажирів.

**Обладнання убезпечення цивільної авіації.** Відповідно до чинних норм дозволяється використання лише такого обладнання, що має відповідні сертифікати, типу тих, що видаються Державіаслужбою. Для рентгенівського доглядового обладнання обов’язковим є галузевий стандарт ГСТУ 54.001-95, ДСТУ 7587 : 2014, в якому зазначено перелік вимог, якими має володіти подібне обладнання.

Кожна одиниця доглядового обладнання перед введенням в експлуатацію обов’язково має проходити процедуру калібрування. Граничні рівні спрацювання встановлюються відповідно до випробувань на еталонних зразках. Всі засоби доглядової техніки, мають експлуатуватися у відповідності до рекомендованих виробником інструкцій, графіків профілактичного технічного обслуговування (ТО) і ремонту.



## 1.2 Структура підрозділу авіаційної безпеки аеропортів

Залежно від стану і класу аеропорту, а також обсягу виконуваних ним перевезень структура Служби авіаційної безпеки може відрізнятися, але в більшості випадків вона включає наступні структурні підрозділи, як показано на рис. 1.2.

Організація Служб авіаційної безпеки, їх структура, робочі моменти та проведення процедури перевірки забезпечуються за допомогою нормативно-правової бази, висококваліфікованого персоналу та обладнаних контрольно-пропускних пунктів. У будь-якій структурі САБ є спеціальні підрозділи огляду повітряних суден, в тому числі підрозділи догляду екіпажу і догляду пасажирів та багажу.

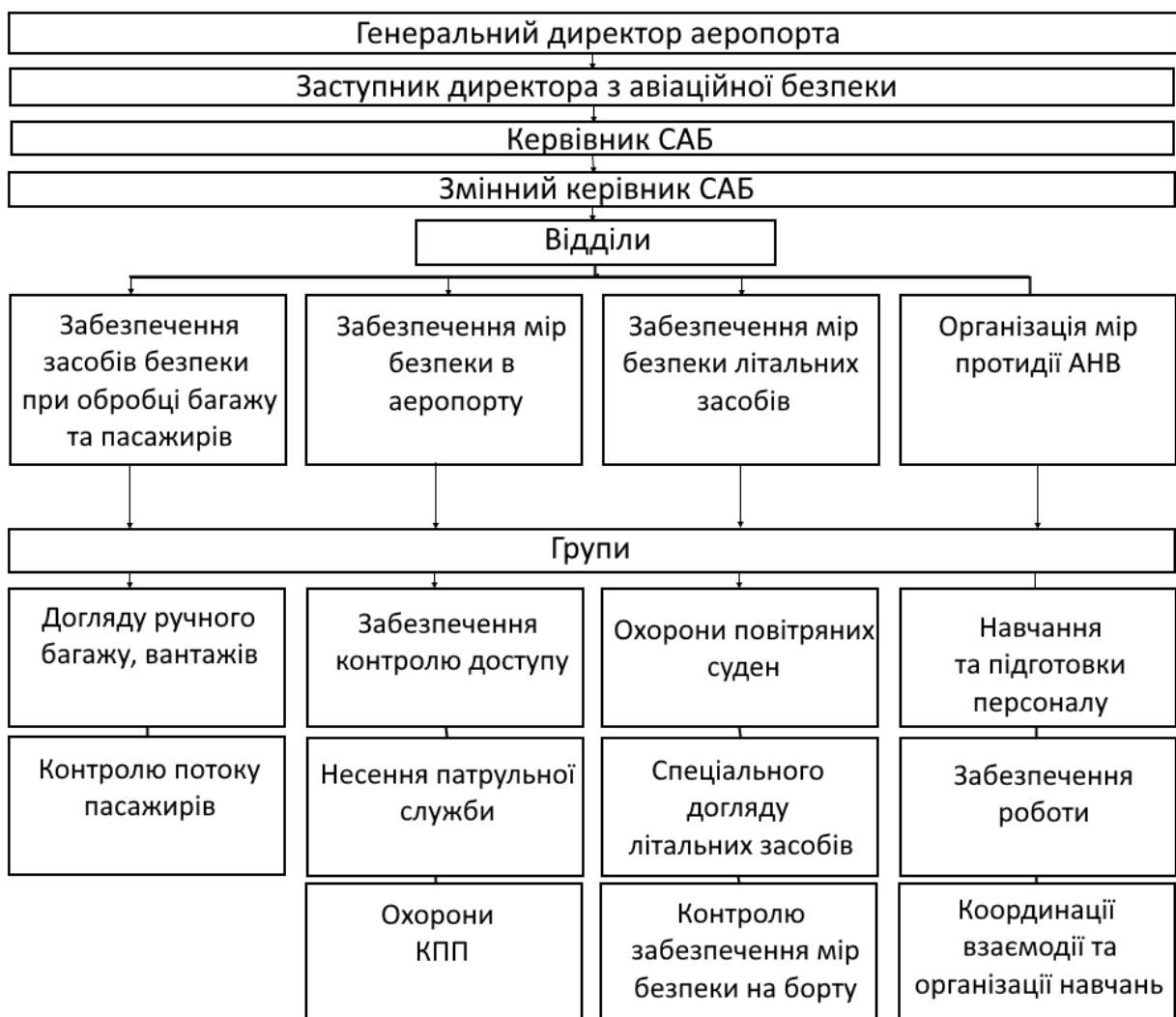


Рисунок 1.2 – Загальна структура підрозділів авіаційної безпеки

**Розподіл обов'язків.** Уповноваженим органом цивільної авіації України є Державна служба з нагляду за забезпеченням безпеки авіації України (Державіаслужба).

Всі функції із забезпечення АБ авіапідприємства виконуються службами авіаційної безпеки.

Функції охорони громадського порядку, убезпечення об'єктів цивільної авіації покладені на територіальні органи Міністерства внутрішніх справ (МВС) України. Безпосередньо в аеропортах та на інших об'єктах цивільної авіації органом убезпечення та охорони громадського порядку є лінійні відділи внутрішніх справ (ЛВВС).

До складу комітету входить керівник служби авіаційної безпеки аеропорту. Для впорядкованої реалізації держпрограми забезпечення безпеки цивільної авіації Державна авіаційна служба та авіакомпанії планують найняти додатковий персонал. Інформація про їх розподіл за функціональними обов'язками та інші подробиці будуть включені в додаток Національної програми безпеки цивільної авіації України.

Відповідно до статусу, категорії та обов'язків адміністрація аеропорту, оператори авіакомпаній та орендарі розробляють та затверджують посадову інструкцію для кожного працівника. Ці інструкції визначають мінімальні вимоги до освіти, віку, досвіду та інших міркувань, а також включають перелік медичних обмежень, пов'язаних із нездатністю працівників виконувати обов'язки з питань безпеки.

Підготовка персоналу з питань авіаційної безпеки входить в компетенцію Державної авіаційної служби, і керівництво цієї організації розробляє і затверджує програми навчання в області авіаційної безпеки. Державна авіаційна служба також визначає організацію, відповідальну за підготовку спеціалістів. Навчальна програма включає уроки, теми та загальні описи, такі як стандарти знань та навичок.

### 1.3. Персонал служби авіаційної безпеки

Для всебічного і точного виконання Національної програми безпеки цивільної авіації до штатного розкладу Державіаслужби та авіапідприємств вводиться додаткова чисельність співробітників.

Типова структура аеропортового підрозділу безпеки представлена на рис 1.3.

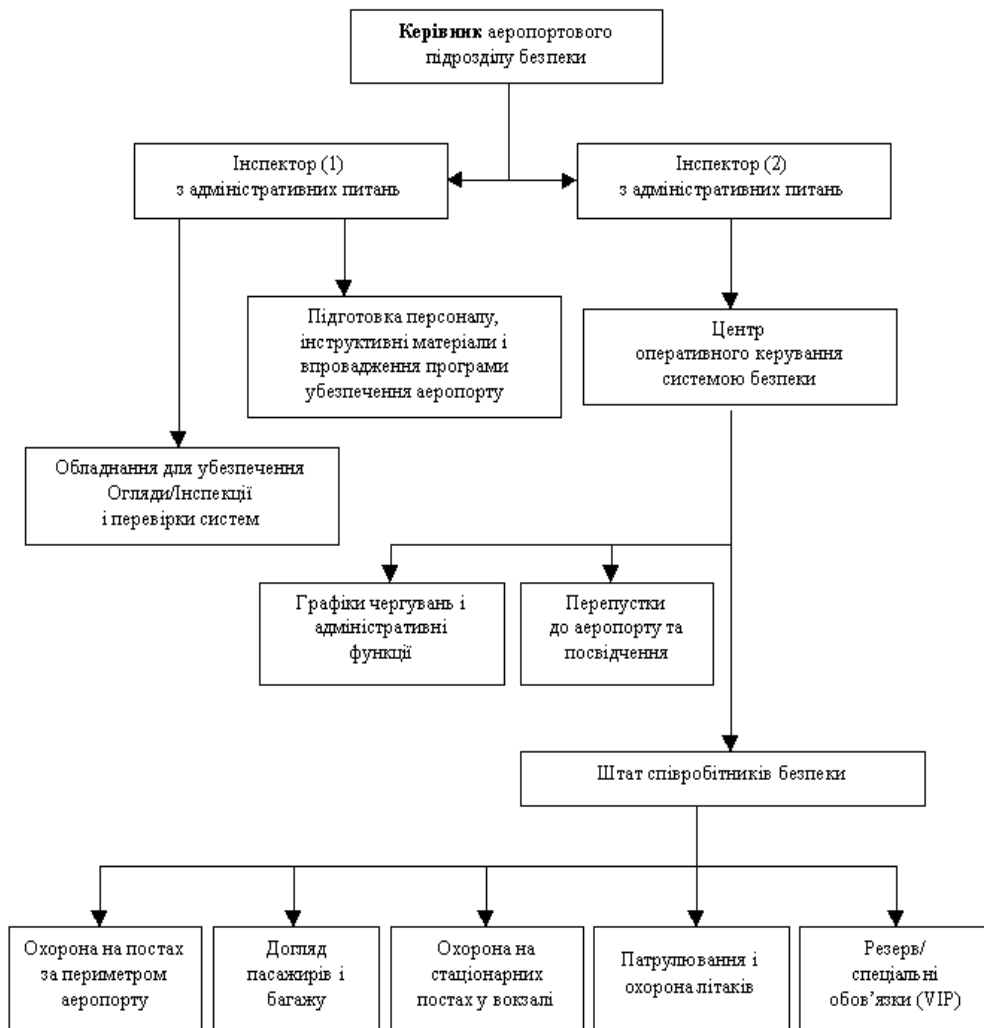


Рисунок 1.3 – Типова структура аеропортового підрозділу безпеки

Розрахунок числа працівників, їх розподіл за сферами функціональної діяльності і т.д. включений у Додатках Української державної програми безпеки цивільної авіації [3].

В залежності від категорії, функціональних обов'язків працівників, які виконують функції забезпечення безпеки цивільної авіації, адміністрація аеропорту,

розробляють та затверджують посадові інструкції для кожної штатної посади персоналу. Посадова інструкція чітко визначає мінімальні вимоги та норми щодо рівня загальної і професійної освіти, віку, набутого професійного досвіду та ін., і за попереднім погодженням з медичними установами — перелік лікарняних протипоказань для виконання робочих обов'язків служби авіаційної безпеки.

Таблиці 1.1 та 1.2 відображають рекомендовані графіки чергування для персоналу САБ.( А – робочі 07.00...15.00 г; В – робочі 15.00...23.00 г; С – робочі 23.00...07.00 г.; L – вихідні)

Таблиця 1.1

Варіант перший рекомендованих триденних графіків чергувань для персоналу підрозділу САБ.

<i>Дата</i>	<i>Бригади</i>			
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
1	A	C	B	L
2	A	C	B	L
3	A	C	L	B
4	A	C	L	B
5	A	L	C	B
6	A	L	C	B
7	A	L	C	B
8	L	A	C	B
9	L	A	C	B
10	B	A	C	L
11	B	A	C	L
12	B	A	L	C
13	B	A	L	C
14	B	A	L	C
16	B	L	A	C
17	L	B	A	C
18	L	B	A	C
19	C	B	A	L
20	C	B	A	L
21	C	B	A	L
22	C	B	L	A
23	C	B	L	A
24	C	L	B	A
25	C	L	B	A
27	L	C	B	A
28	L	C	B	A

Варіант другий рекомендованих триденних графіків чергувань для персоналу  
підрозділу САБ

<i>Дата</i>	<i>Бригади</i>			
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
1	A	B	C	L
2	A	B	C	L
3	A	B	C	L
4	B	C	L	A
5	B	C	L	A
6	C	L	A	B
7	C	L	A	B
8	L	A	B	C
9	L	A	B	C
10	L	A	B	C
11	A	B	C	L
12	A	B	C	L
13	B	C	L	A
14	B	C	L	A
15	C	L	A	B
16	C	L	A	B
17	C	L	A	B
18	L	A	B	C
19	L	A	B	C
20	A	B	C	L
21	A	B	C	L
22	B	C	L	A
23	B	C	L	A
24	B	C	L	A
25	C	L	A	B
26	C	L	A	B
27	L	A	B	C
28	L	A	B	C

Навчання та професійна підготовка персоналу служб авіаційної безпеки входить до компетенції Державної авіаційної служби з розробки та затвердження програм навчання в в галузі АБ. Державна авіаційна служба визначає організацію, відповідальну за підготовку фахівців. Програма навчання включає силабус навчальної сесії, предмети що вивчаються, стандарти та критерії оцінювання знань і навичок працівників.

## **Висновки до розділу 1**

Розділ включає в себе аналіз питань що до стану служб убезпечення авіаційної безпеки; розгляду законодавчих актів та міжнародних конвенцій що на законодавчому рівні регулюють права та обов'язки сторін.

Наведена структурна схема САБ, що наглядно показує відповідні структури й органи, їхню зону відповідальності та розподіл обов'язків.

Визначено загальні положення що до охорони аеропортів та убезпечення безпеки пасажирів і персоналу.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ СЛУЖБИ АВІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

### 2.1 Класифікація технічних засобів авіаційної безпеки

В продовж останнього десятиліття в області неруйнівного контролю, в тому числі й сфері технічних засобів та систем доглядового контролю пасажирів та багажу, що набули широкого використання в цивільній авіації. Подібні технічні засоби САБ значно збільшили можливості перевірки речей на предмет наявності в них небезпечних предметів, до яких відносяться вибухонебезпечні речовини, зброя та інші.

Слід відзначити, що в останні роки стрімко зросла кількість числа випадків несанкціонованого втручання у роботу служб авіакомпаній та об'єктів що до них належать. Станом на сьогодні, безпека авіаперевезень вважається комерційним фактором у деяких країнах Світу, саме тому виконання вимог з убезпечення суворого контролю пасажирів та багажу все більше впливає на загальну ефективність роботи авіакомпаній. Варто пам'ятати, що не існує єдиного і простого рішення, що дозволяє швидко та якісно здійснювати перевірки на предмет наявності скритих загроз, вочевидь, технічна реалізація такого контролю в тих чи інших аеропортах буде різною та залежатиме від обсягів та типу авіаперевезень, типу й методу впровадженої системи перевірки.

Використання передових технологій в деяких системах контролю (наприклад, системи EDS) є значно ефективнішими у порівнянні з ручним доглядом пасажирів та їхньої поклажі. Системи EDS дають змогу в автоматичному режимі виявляти ймовірність вибуху з досить високою точністю. Отже, такого роду перспективні системи та комплекси доглядового контролю САБ повинні працювати за принципом разового контролю, який здійснюється в пункті вильоту та не вимагати проведення повторної перевірки в інших аеропортах, де відбувається пересадка. З цієї причини доцільним є впровадження єдиного стандарту безпеки для всіх аеропортів.

Хоча вже використовується велика кількість різних технічних інструментів, експерти продовжують працювати над засобами, які повинні підвищити увагу оператора, концентрацію та просторову інтерпретацію об'єктів контролю оператором.

Плюси й мінуси кожної з існуючих технологій добре вивчені і мають бути враховані для кожного конкретного випадку в і залежать від складності, характеристик та вартості кожної окремої системи.

При виборі технологію догляду поклажі в аеропортах, важливим є розуміння тих обмежень, які накладає обрана система контролю.

Системи виявлення вибухонебезпечних предметів та зброї умовно можна поділити на такі категорії:

- Технічні засоби, які не відображають зображення ОК: металошукачі, службові собаки, та детектори радіоактивного випромінювання;
- Технічні засоби, що відображають ОК; до таких відносяться рентген-випромінювання, гамма-промені, ультразвукові методи інше;
- Хімічні аналізатори складу речовин — ядерний квадрупольний резонанс NQR, рентгенівська дифракція, імпульсний аналіз з використанням швидких нейтронів PFNA.

*Рентгенівські апарати* давно широко використовуються і добре себе зарекомендували на ринку доглядового обладнання, але вдосконалення програмного забезпечення дозволяє штучно фарбувати предмети, приховані під щільними матеріалами, між органічними речовинами, легкими та важкими металами, що в рази спрощує роботу оператора служби доглядового контролю. Механізм розпізнавання в рентгенівській системі досить простий і зводиться до розпізнавання різних форм і щільності ОК. Аналогічними даній, є системи, що використовують гамма-промені, що має свою переваги при просвічуванні крупно габаритних об'єктів.

Міжнародна корпорація прикладних наукових досліджень SAIC розробила *гамма-променеві системи* виявлення, такі як системи огляду транспортних засобів і вантажів VACIS, приклад такої системи зображено на рис 2.1. Джерелом гамма-



випромінювання є ізопаи, що містяться в міцному контейнері з належним біологічним захистом, відповідно, подібні системи вимагають значно менше уваги та обслуговування, ніж рентгенівські генератори. Перевагою таких систем є те, що гамма-промені мають вищу проникну здатність, завдяки чому дозволяють відтворювати зображення ОК більш високої якості але за менший час, порівняно з радіаційними методами. Ця швидкість гарантує високу об'ємну пропускну спроможність [1, 4]

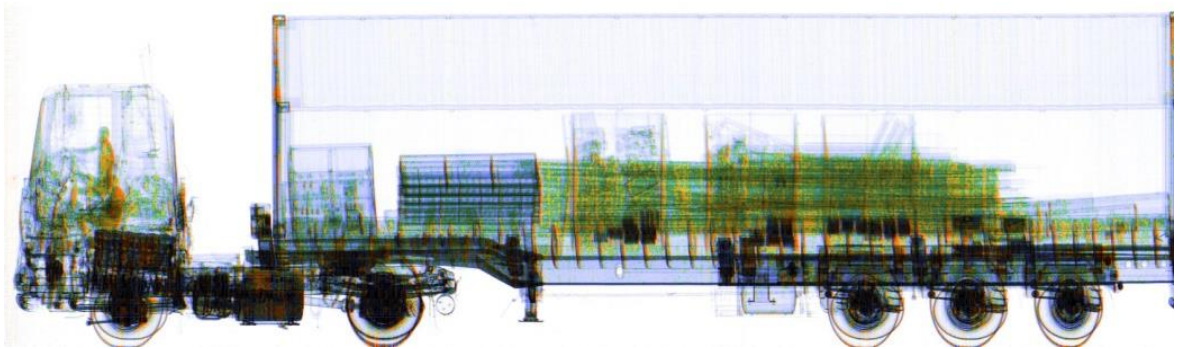


Рисунок 2.1 – системи огляду транспортних засобів і вантажів VACIS

Ще одним методом роботи інтроскопічних систем є *принцип імпульсного аналізу з використанням швидких нейтронів PFNA*, його сутність полягає в тому, що контрольований об'єкт піддається опроміненню за допомогою імпульсного потоку швидких нейтронів. Нейтрони випромінюються за допомогою джерел радіоактивного випромінювання або нейтронних генераторів [4] Опромінення ними ОК спонукає до появи гамма-променів, які повторно випускаються вуглецем  $^{12}\text{C}$ , киснем  $^{16}\text{O}$  і азотом  $^{14}\text{N}$ .

Особливістю такого методу є те, що подібні системи можна заздалегідь запрограмувати на передачу сигналів тривоги після детектування вибухових речовин. Ключовою перевагою є те, що інспектору служби доглядового контролю не потрібно інтерпретувати одержані результати, отже подібну систему можна залишити одну, без нагляду, в процесі роботи.

Завдяки використанню методу комбінованого використання невеликої кількості розсіяних рентгенівських променів у поєднанні з передовими комп'ютерними засобами обробки зображень для виявлення зброї, вибухових

речовин та заборонених хімічних речовин які можуть бути схованими під одягом або на тілі людини. Принцип роботи системи дуже простий, людина що проходить обстеження має всього декілька секунд постояти перед системою, після чого, на екрані монітору з'явиться зображення покращене комп'ютером, що показує контури людини і приховані об'єкти.

Як зазначено у ст.62 МКУ, для здійснення митного контролю можуть використовуватися технічні та спеціалізовані засоби. Розширення меж використання таких засобів є одним із головних напрямків підвищення ефективності процедури контролю.

Доглядові технічні засоби з метою оптимізації по рядку вивчення, комплектування, експлуатації, ТО можуть бути класифіковані за різними ознаками.

Основне завдання технічних засобів САБ – забезпечення надійного захисту об'єктів авіаційної діяльності від несанкціонованого втручання. Основними компонентами САБ є: обслуговуючий персонал, технічні засоби, документація, різноманітні технічні процеси тощо. Метою діяльності Служби авіаційної безпеки є забезпечення авіаційної безпеки, регулярності та ефективності злагодженої роботи аеропортів ЦА та здійснення заходів що до їх захисту від незаконного втручання правопорушниками відповідно до чинних вимог законодавства.

Сьогодні для всіх національних і міжнародних авіакомпаній впроваджується рентгенівська система з двома рівнями енергії випромінювання. З метою забезпечення підвищеної загальної безпеки слід широко використовувати комбіноване поєднання різних технологій [10, 11]. Сучасні системи виявлення, засновані на рентгенівських технологіях, КТ та спектроскопії рухомих іонів, мають деякі недоліки, наприклад деякі з них можуть легко ідентифікувати вміст прихованих вибухової речовин в ОК, але їх впровадження вимагає великих витрат, до того ж існує ймовірність помилкових спрацьовувань [1, 4, 5, 9 – 11].

Відповідно до чинного законодавства України з метою забезпечення безпеки в аеропортах цивільної авіації, доглядове обладнання можна розділити на декілька окремих груп:

1. Технічні засоби на основі візуально сприйнятливих образів (за зовнішнім виглядом, зображенням внутрішньої структури і т.д.): – оптичні збільшувальні пристрої(лупи), дзеркала для догляду, технічні ендоскопи, бароскопи; – тепловізійні системи догляду багажу; – рентгенотелевізійні системи догляду.

1. Технічні засоби й комплекси, що забезпечують виявлення об'єктів за характерними властивостями матеріалів і речовин, до них належать: – металошукачі; – нелінійні радіолокаційні пристрої; – ультразвукові пристрої виявлення; – детектори наркотичних та вибухових речовин.

2. Технічні засоби й системи, що забезпечують виявлення об'єктів за ознаками роботи в них механізмів і електронних пристроїв. 3. Комплексні доглядові системи.

В даний час рентгенівські інтроскопи можна розділити на 3 групи:

1. Стаціонарного використання із закритою доглядовою камерою, шкідливим пучком випромінювання і рухомим ОК;

2. Стаціонарні із закритою камерою, широким пучком випромінювання й нерухомим ОК;

3. Мобільні інтроскопи зі стаціонарним незахищеним джерелом.

Обмеження впливу на персонал досягається шляхом розміщення його на достатній відстані від контрольно-пропускного пункту і переносного захисного пристрою.

Відповідно до принципу роботи рентгенівські інтроскопи можуть використовувати :

- Розсіяне рентгенівське випромінювання;
- Поглинене рентгенівське випромінювання;
- Поглинене і розсіяне рентгенівське випромінювання.

Залежно від конструкції і призначення рентгенівські інтроскопи можна розділити на:

- Пристрої виявлення під поверхнею;
- "Прямі" флюорографічні установки;
- Портативні й невеликі рентгенівські установки скануючого типу;



## 2.2 Багаторівневий метод контролю пасажирів та багажу

Проектні та інженерні компанії розробляють нові будівлі аеровокзалів ЦА з багаторівневим контролем багажу, відповідно до існуючих вимог та рекомендацій ІКАО.

Тож в цьому розділі буде представлено багаторівневий метод перевірки пасажирів та їхньої поклажі, який дозволяє досягти 100 % контролю. Відповідно до рекомендацій ІКАО, які визначають, що весь багаж та всі пасажирів, які рухаються на борт літака, повинні бути перевірені на наявність заборонених речовин та предметів для перевезення повітряним авіатранспортом.

Сучасні вимоги та норми проєктування будівництва аеропортів, включають в себе обов'язкову наявність автоматичного доглядового контролю для всього багажу за допомогою рентгенівських інспекційних систем. На жаль, висока точність виявлення небезпечних предметів та матеріалів (імовірність правильного виявлення вище 0,99) дуже часто призводить до високого рівня помилкових спрацьовувань.

На рис. 2.3 видно, що результат після автоматичного детектування системою EDS заборонених до перевезення предметів та речовин становить 350 %. Час, який необхідний для перевірки багажу сучасним обладнанням, залежить, в першу чергу, від продуктивності рентгенівських приладів і складає приблизно 1с на одиницю багажу.

В літературних джерелах зустрічається також інформація про ще більшу продуктивність – 6000 одиниць багажу за годину [4]. Тому є зрозумілим, що час перевірки багажу пасажирів одного літального засобу на першому етапі доглядового контролю становить 10...50 хвилин при умові, що всі пасажирів рейсу надали свій багаж для перевірки без зволікань, підходячи до інспекційного стояка.

Сучасні схеми контролю передбачають одночасну перевірку речей всіх пасажирів. проте в такому випадку виникає необхідність запровадження процедури сортування багажу після проходження контролю. Опис цієї процедури відображено схематично на рис. 2.3.

Багаж, що вилучається після першого етапу автоматизованої перевірки EDS передається на другий етап, де контроль здійснюється за допомогою використання рентгенівського обладнання. Проте, через завищені вимоги до ймовірності прийняття правильних рішень, середній час, який необхідний для перевірки та аналізу одиниці багажу, становить від 15 до 25 секунд [4].

З метою перевірки та подальшого аналізу 350 % вилученого багажу витрачається до однієї години часу. На сьогоднішній день розробляються заходи для того, щоб зменшити цей час до встановлених вимог графіку загального контролю.

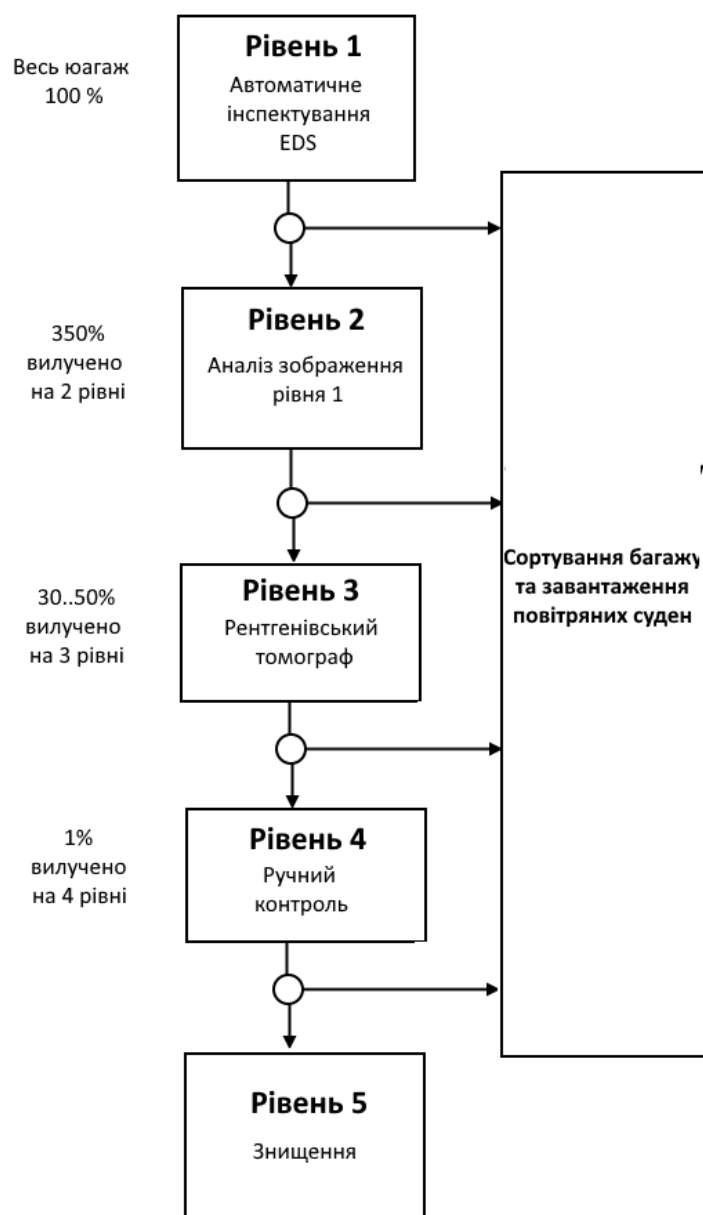


Рисунок 2.3 – Багаторівневий доглядовий контроль САБ

Детальна перевірка і аналіз на другому рівні також не в змозі забезпечити результат повного і достовірного контролю, в результаті приблизно 30...50 % багажу має бути переміщено до томографічного контролю з використанням рентгенівських інтроскопів просвічуванням яке відбувається одночасно або почергово з декількох ракурсів, що відбувається за допомогою використання кількох випромінювачів що розташовані по різних геометричних осях або ж за допомогою використання робочого столу, що обертається навколо своєї вісі. На обробку кожної одиниці багажу необхідно від 10 до 15 секунд. Однак томографічне інспектування також не гарантує повного і достовірного контролю.

Приблизно 1 % багажу доводиться направляти на четвертий рівень перевірки, що відбувається в ручному режимі.

Після проходження кожного етапу перевірки багаж розгалужується на дві гілки: на сортування та завантаження на літак, а також для проходження подальшого контролю. Імовірнісні та часові характеристики всіх етапів контролю повинні бути налаштовані так, щоб кожен етап не впливав на загальний контроль багажу.

Зазначимо, що важливим аспектом при проектуванні та розробці систем контролю є необхідність максимально автоматизувати всі процеси. У багатьох системах розширюються можливості техніки, з метою зведення рівня участі людини до мінімуму. В ідеальному випадку участь людини повинна обмежуватися підтвердженням правильного виявлення. Необхідність автоматизації стає особливо важливою, коли доводиться інспектувати чималу кількість об'єктів, таких як багаж в аеропортах або транспортні засоби, що перетинають кордон.

Забезпечення безпеки аеропортів цивільної авіації розпочинається на етапах їх проектування та будівництва. Віднедавна адміністрація діючих авіаліній і аеропортів не приділяла достатньо уваги оснащенню аеропортів та інших об'єктів цивільної авіації засобами безпеки та захисту. Тому пошук раціональних шляхів і методик підвищення безпеки ЦА вимагає певних компромісів. Якщо такий пошук розпочинається на ранньому етапі розробки, то цілком можливо, що обраний варіант не є доцільним та оптимальним для подальшого впровадження засобів контролю в конкретних зонах і не відповідає комерційним вимогам. Це може

призвести до виникнення обмежень у застосуванні відповідних засобів безпеки, що утворює вузькі місця у системі контролю і може призвести до неналежної функціональності обраних засобів. У документах ІКАО встановлені стандарти для необхідних приміщень та площ для технічних засобів безпеки, а також визначені правила їхнього використання та обслуговування. Це надає розробникам можливість визначати необхідні площі та приміщення для розташування обраних засобів забезпечення безпеки.

### 2.3 Рентгенотелевізійні інтроскопи: принцип дії та структурні схеми

Технічні методи та засоби оперативного-технічного контролю базуються на використанні радіоактивних променів, що мають високу проникну здатність. Подібні комплекси та системи дозволяють контролювати вміст ОК не порушуючи їх цілісності.

Сучасні інтроскопи САБ повинні відповідати таким вимогам:

- Забезпечувати високу імовірність виявлення небезпечних чи заборонених предметів об'єктах, які що проходять лінію контролю;
- Забезпечувати високу пропускну здатність ліній контролю;
- Забезпечувати радіаційну безпеку для обслуговуючого персоналу, пасажирів та оточуючого середовища;

Аналіз існуючих структурних схем інтроскопів. Один з підходів конструювання – *класичний метод*, який можна пояснити за допомогою схеми, наведеної нижче на рис. 2.4.

В даному методі передавач скануючого інтроскопа виступає в ролі генератора гальмівного рентгенівського випромінювання (РВ) та складається з рентгенівської трубки та джерела високовольтної напруги [4, 8].

Для отримання зображення внутрішньої структури ОК використовується метод "рухомої цятки". Промені рентгенівського випромінювання колімуються за допомогою коліматора з прямовисною щілиною, розміри якої забезпечують формування променя РВ з певною формою та розмірами.



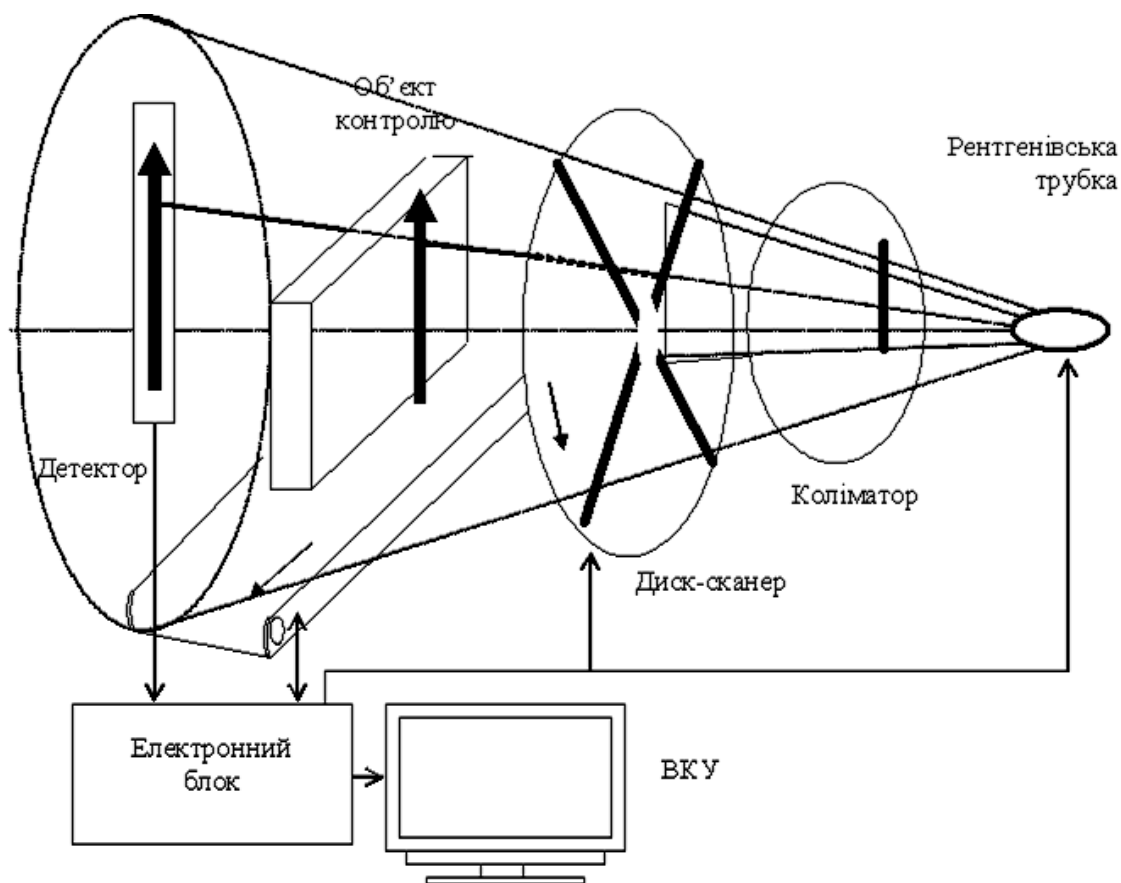


Рисунок 2.4 – Пояснення щодо реалізації класичного підходу [8]

Під час цього процесу, промінь рентгенівського випромінювання пройде через коліматор, що обертається. Коліматор являє з себе диск із чотирма радіальними щілинами. Рухомий коліматор використовується для прямовисного сканування рентгенівського променя, який утворюється там, де перетинаються щілини обертаючого диска і нерухомого коліматора. Частоту обертання диска контролюють, і вона складає 1600 обертів на хвилину [8].

Під час руху обертаючого коліматора промінь рентгенівського випромінювання послідовно пройде через об'єкт контролю від нижньої частини до верхньої і потрапить на прямовисно розташований детектор рентгенівського випромінювання. Детектор входить до складу приймача скануючого інтроскопа і призначений для реєстрації та перетворення енергії рентгенівського випромінювання в електричний сигнал, пропорційний його енергії.

Під час обертання диску рухомого коліматора промінь РВ (з низу в верх) проходить крізь ОК та передається на детектор РВ. Детектор є частиною приймача інтроскопа, що використовується з метою захоплення і перетворення енергії радіаційного випромінювання в електричний сигнал пропорційний за значенням.

На практиці, звичайним детектором рентгенівського випромінювання є люмінофор. Сигнал з блоку приймача надходить до блоку обробки інформації, конвертується у відеосигнал і передається на екран монітору у вигляді просторового зображення об'єкта контролю.

Датчик положення багажу генерує сигнали необхідні для активації РВ в разі присутності об'єкта контролю в зоні обстеження. Після чого, транспортер переміщує ОК в площині, перпендикулярній напрямку проходження рентгенівського випромінювання, в деяких системах реалізовані механізми одночасного опромінення ОК одразу в декількох площинах, з метою поліпшення ефективності процесу догляду.

Другим методом, що отримав широкого практичного застосування є *багатоканальний підхід* побудови рентгенівського інтроскопічного обладнання.

В таких системах використовується комплекс рентгенівської апаратури, до складу якого входить імпульсний трипроменевий рентгенівській генератор та імпульсний рентгенівський трипроменевого приймача, відповідно. Структурна схема імпульсного рентгенівського приймача наведена на рис. 2.5.

Принцип дії цього інтроскопу аналогічний розглянутому вище, що використовує класичний підходу. Його конструкція реалізована за трьох канальним принципом, де кожен канал вмикається після завершення роботи попереднього. Слід відзначити, що завдяки скануванню об'єкта контролю трьома променями, при відмові однієї з них інтроскоп можна продовжувати використовувати, хоча й із втратою якості зображення [6].

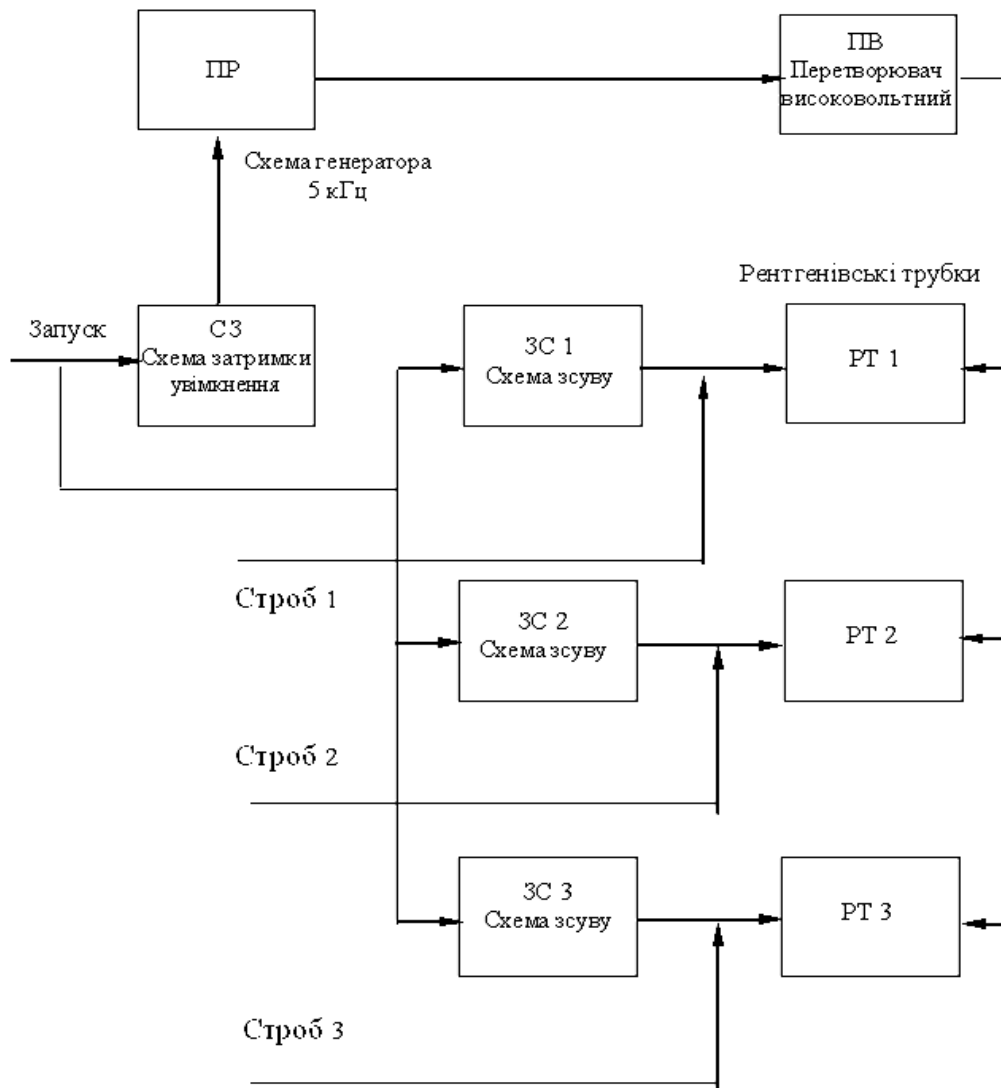


Рисунок 2.5 – Структурна схема імпульсного рентгенівського приймача

*Підхід за принципом HI-SCAN та HI-MAT.* Створення зображення ОК в системі HI-SCAN базується на тому, що об'єкт контролю переміщується вертикально лінійно за лінією. Цей процес реалізовується за допомогою конвеєрної стрічки, яка рухає об'єкт з постійною швидкістю вздовж детекторної лінії. Лінія детекторів складається з 576 окремих детекторних елементів, розміщених в ряд з інтервалом 1,5 мм. У порівнянні із системою HI-SCAN, система HI-MAT використовує одразу декілька детекторних ліній. Друга детекторна лінія має таку ж кількість детекторів і прямо накладається на першу.

Апаратна реалізація процесу узгодження детекторних модулів у межах ліній по горизонталі та вертикалі дозволяє вирішити проблему «завалювання» кутів

зображення. В результаті, навіть при скануванні великогабаритного ОК, що повністю заповнює інспекційний тунель, буде повністю відображений на екрані монітору зі збереженням повної інформації про його стан та структуру.

Детекторна лінія отримує вплив віялоподібного пучка рентгенівського випромінювання. Кожен окремих детектор містить в собі сцинтиляційні кристали, за допомогою яких відбувається перетворення поглинутих квантів РВ в кванти видимого світла. Високочутливі фотодіоди перетворюють світлові кванти, що випромінюються сцинтиляційними кристалами, в вихідні струми та відповідні напруги [1, 4, 8]

Вихідні напруги 576 детекторних каналів подаються на систему обробки зображення циклічно. У випадку системи з подвійною детекторною лінією дві лінії обпитуються послідовно. Дані, що надходять на систему обробки зображення, спочатку конвертуються в числову форму за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і корегуються. Після цього вони передаються до запам'ятовуючого пристрою (ЗУ) для зберігання відеоданих у вигляді стовпчиків (по 576 елементів) [4, 8]

Данні, які зберігаються в пам'яті пристрою, слугують певним індикатором коефіцієнта поглинання речовини, що перевіряється у спектральному діапазоні відповідної детекторної лінії. Для створення повного зображення здійснюється 520 циклів, щоб утворити 520 колонок. Процес створення зображення включає циклічне зчитування пам'яті для отримання відеоданих. Отримані дані можуть бути декодовані в сірі монохромні, або в кольорові відповідні значення за допомогою блоку цифрової обробки зображення системи.

Відеосигнал у форматі CCIR - повний відеосигнал CVS – для чорно-білого зображення; червоний, зелений і синій сигнали, а також сигнал синхронізації SING – для кольорового відео) створюється після процедури цифро-аналогового перетворення.

## **2.4. Функціональні можливості сучасних рентгенотелевізійних інтроскопів**

Рентгенографія має свої переваги, але в деяких випадках її застосування обмежується часом, необхідним для обробки та розшифрування зображення. У сучасних аеропортах, де важливо забезпечити високу швидкість проведення контролю, тому на заміну рентгенографії обирають метод радіоскопії. Цей метод базується на перетворенні радіаційного зображення об'єкта контролю у світлове зображення на екрані радіаційного оптичного перетворювача.

Головна перевага радіоскопії полягає в тому, що світлове зображення на екрані стає якісним, коли густина потоку енергії квантів радіаційного зображення досягає певного рівня. Під час проведення радіоскопії є можливість змінювати деякі характеристики в процесі аналізу світлового зображення. Таким чином, можна досягти високої якості зображення без оптимальних значень параметрів та обчислень, просто налаштовуючи параметри обладнання.

Однією з переваг є те, що даний метод дозволяє оператору збільшувати геометричні розміри світлового зображення ОК, переміщуючи його від вхідного екрану перетворювача у напрямку джерела або обертаючи його для зручного ракурсу. У випадках, коли значущі зміни в радіаційній товщині ускладнюють аналіз окремих деталей світлового зображення, застосовують рухомі фільтри. Це дозволяє локально зменшити густину потоку енергії випромінювання, що взаємодіє з перетворювачем. Оператор може спочатку опромінювати об'єкт фотонами низької енергії для дослідження слабо поглиблюючих областей, а потім збільшити енергію для послідовного вивчення областей з більш високим поглибленням.

Спосіб мультиенергетичного аналізу дозволяє визначати та характеризувати структуру ОК як в статичному так і в динамічному стані.

Перевага методу полягає в покращенні можливостей дослідження вмісту багажу. Додатковий інформаційний матеріал не перевантажує сприйняття оператора, а, навпаки, сприяє йому у прийнятті вірного рішення.

Надання різних кольорів різним речовинам здійснюється відповідно до атомних номерів елементів, з яких складається конкретна речовина: помаранчевий - для елементів атомними номерами ( $Z < 10$ ), що можуть бути виявлені в органічних матеріалах; зелений – для елементів з атомними номерами ( $10 < Z < 18$ ) ; синього – для елементів із атомними номерами ( $Z > 18$ ) таблиця 2.1. Інформація про товщину матеріалу, або коефіцієнт поглиблення, відображаються у одному кольорі, але з різною яскравістю. Матеріал, який не може бути класифікований через занадто велику товщину, представлений в сірому тоні.

Приклад візуалізації ОК в неперервній шкалі наведено на рис. 2.6.

Таблиця 2.1

Кольорове відображення структури ОК у неперервній кольоровій шкалі

Органічні речовини	$Z < 10$		Поєднання легких елементів , наприклад, водень, кисень, азот, включаючи більшу частину вибухових речовин, пластмаси, папір, тканина, дерево, їжа та інші
Змішана структура	$10 < Z < 18$		Металеві елементи середньої маси та солі
Неорганічні речовини	$Z > 18$		Тяжкі елементи, метали (титан, хром, срібло, мідь, ).

Перевага неперервної кольорової шкали стає очевидною при просвічуванні ОК зі складених разом деталей з різних матеріалів.

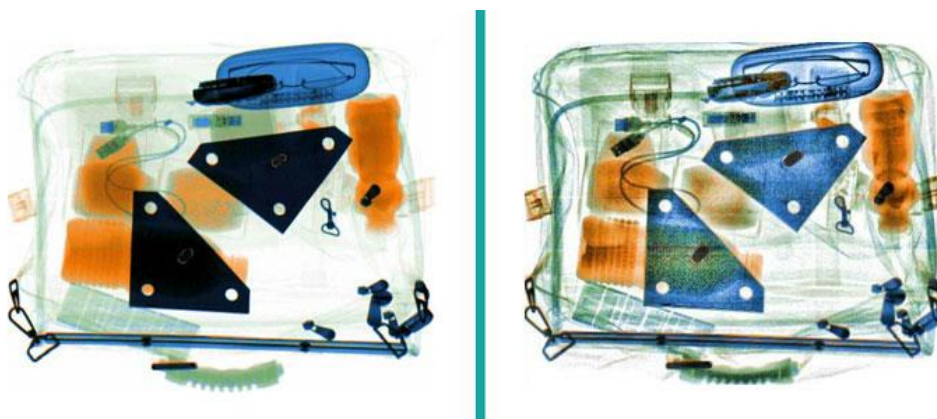


Рисунок 2.5 – Зображення ОК у неперервній кольоровій шкалі

Метод HI-MAT завдяки кольоровому кодуванню забезпечує кольорове представлення, що відрізняється від псевдо кольорового, де відтінки сірої шкали просто перетворюються в конкретні кольори.

Різкість зображення виявляється кращою порівняно з іншими системами аналогічного призначення завдяки використанню технічно досконалої системи виділення контурів в реальному часі. Структури подаються дуже детально, і навіть маленька різниця у щільності стає добре помітною оператору на екрані монітору.

Під час використання мультиенергетичного методу з програмним забезпеченням HI-MAT для аналізу складу речовин, інформація, яка закладена в сигнал РВ, порівнюється для частин високоенергетичного та низько енергетичного випромінювання, отриманого після проникання РВ через ОК.

Застосування збільшення контрастності, яке використовується для чорно-білого представлення зображення, може також бути використане при кольоровому відображенні за допомогою методу HI-MAT у режимі обробки зображення структури ОК в реальному часі.

Важливими новими функціями з точки зору авіаційної безпеки є Organic Only (органічні речовини) і Organic Stripping (видалення органіки). За допомогою опції VARI-MAT можна впливати тільки на відтінки сірого кольору, проте функції Organic Only і Organic Stripping дозволяють спростити видалення окремих груп матеріалів під час оцінювання. Це є доречним, якщо матеріал належить до певної групи, яка на даний момент не цікавить оператора, і частково перекриває зону об'єкта контролю.

Дуже зручним є комбіноване використання функції VARI-MAT та Organic Stripping, що дозволяє відображати на екрані монітору лише матеріали певної речовин і певної товщини. Задані оператором параметри налаштувань зберігаються в пам'яті інтроскопа, і після повторного виклику функцій встановлюється початковий обраний варіант опції.

Опція Super-Enhancement дозволяє оператору швидше та якісніше оцінювати ОК. Вона дозволяє встановлювати оптимальну контрастність для всіх зон зображення, незалежно від основної яскравості. Це поліпшує виявлення деталей,

забезпечуючи відмінну роздільну здатність, навіть для предметів з низьким поглибленням у світлій зоні зображення.

Опція RealClear – використовується для відображення елементів вогнестрільної зброї, ножів.

Опція autoDensalert – дозволяє в автоматичному режимі виділяти об'єкти, що мають високу густину матеріалу.

Опція autoMatalert – за допомогою даної функції в автоматичному режимі виділяються об'єкти з підозрюваних матеріалів за атомним числом і густиною. [4].

Опція Multi-Energy – дозволяє виділяти різними кольорами органічні та неорганічні речовини:

Візуальні зображення внутрішньої структури й вмісту ОК з використанням опцій рентгенівського інтроскопу наведено на рис.2.6.



Рисунок 2.6 – Візуальні зображення будови ОК з використанням опцій:  
а- RealClear; б- autoDensalert; в – autoMataler; г - Multi-Energy.



## 2.5 Огляд існуючих моделей рентгентелевізійних інтроскопів.

Інтроскоп RAPISCAN MULTY.ENERGY і500 (Англія) – це рентгентелевізійна система конвеєрного типу для догляду ручної поклажі та мало- і середньогабаритного багажу. Система складається з наступних елементів: транспортно-скануюче устаткування; кольоровий дисплей для відображення об'єктів; транспортер (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Інтроскоп конвеєрного типу RAPISCAN MULTY.ENERGY 500

Основні технічні характеристики:

Швидкість руху стрічки транспортера, см/с.....	5-6
Найбільші розміри контрольованого об'єкта, мм.....	660x380x550
Маса контрольованого об'єкта, кг.....	не більше 30
Масштаб зображення контрольованого об'єкта на екрані.....	не менше 1:4
Потужність експозиційної дози поза зоною контролю на відстані 10 см. від захисних кожухів, мкР/с.....	не більше 0,08
Доза рентгенівського випромінювання (типово), мкЗв.....	1,4

Доглядова система HI-SCAN 6040-2is зображена на рис.2.7. – це передова система рентгенівського догляду з подвійним оглядом для автоматичного виявлення твердих і рідких вибухових речовин в особистих речах і ручній поклажі.



Рисунок 2.7 – Рентгенівська доглядова система HI-SCAN 6040-2is

Створення рентгенівського зображення в стандартній системі HI-SCAN ґрунтується на принципі сканування, згідно з яким ОК сканується вертикально лінія за лінією. Це здійснюється за допомогою конвеєрної стрічки, яка рухає об'єкт з постійною швидкістю вздовж детекторної лінії.. Окремі детектори перетворюють перехоплені рентгенівські кванти у кванти видимого світла. За допомогою високочутливих фотодіодів світлові кванти, випромінювані сцинтиляційними кристалами, перетворюються в пропорційні вихідні струми і відповідні напруги.

#### Основні технічні характеристики:

Макс. габарити оглядаємо предмета, мм.....	615 x 410 (ШxВ)
Швидкість конвеєра при частоті, м/с.....	0,2
Макс. вантажопідйомність конвеєра, кг.....	160
Роздільна здатність, мм.....	0,09 (стандартно), 0,08 (типово)
Проникаюча здатність (по сталі), мм.....	30 (стандартно), 31 (типово)
Доза рентгенівського випромінювання (типово), мкЗв.....	1,4

## **Висновки до розділу 2**

Другий розділ магістерської роботи присвячено аналізу технічних засобів служби авіаційної безпеки. Розглянуто принципи побудови доглядового обладнання, контролю доступу, відеоспостереження та інших засобів, що широко використовуються з метою унеможливлення несанкціонованого доступу до об'єктів цивільної авіації.

Розглянуто принципи побудови та функціонування, метало детекторів та систем сканування внутрішньої структури ОК, які використовують рентгенівське випромінювання, наведено різноманітні функціональні схеми. На основі цих даних запропоновано їхню класифікацію.

Визначено переваги рентгенографічних методів оцінки внутрішньої структури ОК, їхні функціональні можливості, проведено огляд існуючих доглядових систем, що активно використовуються для забезпечення комплексного унеможливлення об'єктів цивільної авіації.

## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА БЛОКУ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ІНТРОСКОПУ

### 3.1 Розробка структурної схеми блоку формування зображення

Яскравість кожної окремої точки на зображенні визначається тільки значенням рівня яскравості зазначеної ділянки цього зображення, тому можна зробити припущення, що візуальна інформація доволі чітко відтворює рівень яскравості для кожної конкретної точки. В такому випадку, під зображенням можна розглядати деяку обмежену функцію двох просторових змінних  $f(x, y)$ , що є визначеною на певній ділянці, площа якої становить  $O_{xy}$  і містить певну множину значень.

Цифрова пам'ять блоку обробки зображень може оперувати лише масивами даних, тому зображення конвертується у числову форму, яка математично записується у матриці. Для вводу графічних зображень в ПК застосовуються відео датчики, що перетворюють оптичний розподіл яскравості зображення в електричні сигнали, що кодуються у вигляді масивів числових даних. Як вже було зазначено - зображення є функцією двох просторових змінних  $x$  і  $y$ , а електричний сигнал – являє по своїй природі функцією однієї змінної  $t$ , тому для перетворення використовується процес розгортки – процесу перетворення зображення в чергування послідовних електричних сигналів. При записі з камери, зображення зчитується рядками, і в межах кожного рядка залежність яскравості від просторової координати  $x$  конвертується в пропорційну залежність амплітуди електричного сигналу від часу  $t$  [12].

Процес візуалізації зображень – це методи перетворення просторового розподілу певного значення параметру фізичного поля, електромагнітного випромінювання або відбитого об'єктом, у видиме зображення.

Характеристичним параметрами систем візуалізації зображень є пирогова чутливість  $g$  - значення вхідного сигналу, при якій досягається задане відношення

сигнал/шум у вихідному зображенні, Вт/см<sup>2</sup>; граничне просторове розширення  $R$ , мм<sup>-1</sup>; та частота отримання зображень  $f$ , кадр/с.

З метою візуалізації зображень в рентгенівській області спектру використовуються люмінесцентні екрани, електрооптичні перетворювачі з фотокатодом з CsJ і мікроканальні підсилювачі яскравості. Для формування оптичного зображення в цій області спектру застосовують дзеркальні системи з ковзаючим відображенням від відполірованих металевих дзеркал. Надзвичайно ефективним в рентгенівській області виявився метод томографії – обробки просторової структури ОК за допомогою ЕОМ ряду тінювих проєкцій досліджуваного об'єкту з синтезом об'ємного напівтонового зображення [12].

В цілому, по механізму своєї реалізації принципи формування цифрового зображення у всіх приладах і системах є приблизно однаковим. Якщо для кожної одиниці площі аналогового зображення обрахувати значення середньої оптичної щільності і надати їй відповідні числові значення, то на виході отримаємо зображення у вигляді цифрової матриці. Одиницю площі цифрового зображення називають пікселем. Кожний піксель має свої просторові координати, тобто відповідний ряд і стовпчик в якому він знаходиться. В цифрових блоках обробки зображень у двійковій системі (у бітах) утримується інформація про оптичну щільність і координати кожного пікселя.

Одним із Найбільш важливим аспектом якості зображення є розширення або розділова здатність. У цифровому зображенні вона залежить від розмірів пікселя, що визначає розмір детекторів і матриці зображення

Таким чином, при обчисленні рентгенівського зображення слід дотримуватися правила: Зображення повинне бути детальним наскільки це необхідно, і грубим – наскільки це припустимо.

Для відображення малоконтрасних об'єктів основним фактором є контрастно-розпізнавальна здатність, що визначається кількістю біт на піксель. Більша роздільна здатність обладнання дає можливість в ході виведення зображення на екран монітора виконувати аналіз обстежуваного обсягу у більш широкому динамічному діапазоні, тобто в цифрових системах в один і той самий час можна

одержувати зображення м'яких і твердих об'єктів з досить високою розпізнавальною здатністю за контрастністю,

Для створення матричного зображення застосовується дисплейний процесор, який через інтерфейс підключений до основної ЕОМ. Пам'ять дисплейного процесора організована у вигляді матриці, кожному з елементів якої відповідає своя певна ділянка дисплея.

У рентгенівській інтроскопії площа дисплея може формуватися у вигляді матриці від  $32 \times 32$  до  $1024 \times 1280$  відповідно до просторової роздільної здатності системи відображення.

Для цілей фільтрації шуму на цей час розроблено величезну кількість різноманітних фільтрів і методів фільтрації. Усі ці методи прийнято підрозділяти на методи фільтрації в просторовій і в частотній області.

Головний підхід до визначення просторової околиці навколо точки  $x, y$  полягає в використанні квадратної або прямокутної області з центром в точці  $(x, y)$ , як показано на (рис. 3.2). Центр заданої шаблонної підобласті переміщується від пікселя до пікселя, починаючи з верхнього лівого кута, і на своєму шляху він накриває різноманітні околиці. Перетворення застосовується в кожній точці  $(x, y)$ , даючи в результаті вихідне (оброблене) зображення для даної точки. В процесі обрахунку використовуються тільки пікселі всередині даної околиці з центром в точці  $(x, y)$ .

Просторова обробка зображень складається з наступних дій:

- визначення центральної точки  $(x, y)$ ;
- здійснення операції, яка використовує лише значення пікселів в заздалегідь визначеній околиці навколо центральної точки;
- призначення результату цієї операції «відгуком» здійснюваного процесу в цій точці;
- повторення цього процесу для кожної точки зображення.

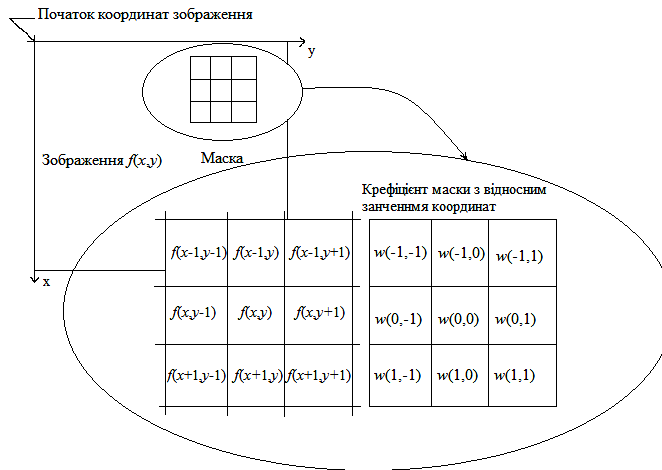


Рисунок 3.1 – Схема просторової фільтрації, маска 3×3

В результаті переміщення центральної точки утворюються нові околиці, які відповідають кожному пікселю зображення. Для наведеної процедури прийнято використовувати терміни «обробка околиць» і «просторова фільтрація», при цьому останній є більш уживаним. Якщо операції, які здійснюються над пікселями околиці є лінійними то процес називається лінійною фільтрацією, в протилежному випадку – нелінійною фільтрацією.

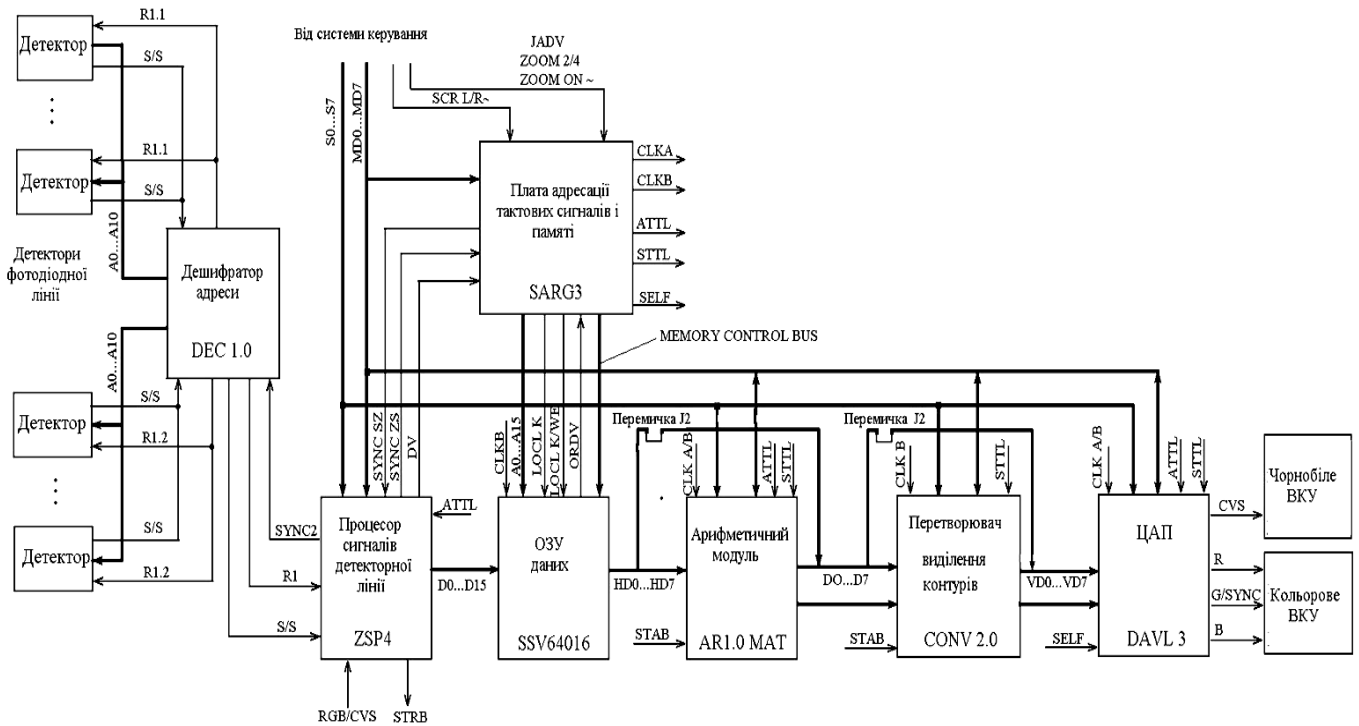


Рисунок 3.2 - Схема блоку формування рентгенівського зображення

### 3.2 Розробка методу виявлення небезпечних предметів

Система рентгенівської безпеки складається з передавача і приймача рентгенівського випромінювання. Блок передавача містить джерело випромінювання (рентгенівську трубку), блок живлення та коліматори (для формування скануючого променя). Приймальний блок містить детекторну лінію, оптико-електричний і електрооптичний перетворювачі сигналу, блок обробки зображення і пристрій відображення інформації. Багаж поміщається на конвеєр і переміщується через зону сканування між передавачем і приймачем.

Детекторна лінія приймача фіксує один із параметрів ослабленого випромінювання, яке поширюється через багаж. Отримані значення параметрів кодуються в яскравості гами або градаціях сірого. У цій ситуації отриманий параметр є тривимірною функцією координат  $(x, y, z)$ . Але оскільки на моніторі рентгенівської системи безпеки відображається двовимірне зображення, для подальшого вирішення нашої задачі будемо вважати функцію яскравості двовимірною. Нехай функція яскравості дорівнює  $\Psi(x, y)$ . У цьому випадку по осі абсцис і ординат буде вказано конкретний піксель зображення на моніторі рентгенівської системи безпеки [13]

Проблема вдосконалення блоку обробки зображень не нова. Однак ця проблема актуальна і сьогодні через низку причин:

1. Постійне збільшення асортименту заборонених і небезпечних предметів.
2. Можливість появи шумів, які спотворюють якість зображення.
3. Зростання складності структури аеропортів і підвищення рівня пасажиропотоку аеропорту.
4. Обмеження за часом для прийняття правильного рішення щодо заходів з авіаційної безпеки.

Існує два способи вдосконалення блоку обробки зображень, пов'язані з апаратним і програмним забезпеченням. Проте обидва підходи потребують нових ефективних методів обробки даних. У цих умовах статистичні та фільтраційні методи є дуже актуальними.



Для перевірки запропонованого методу в цьому дослідженні використовується комп'ютерне та статистичне моделювання. Крім того, слід зазначити, що наш підхід знаходиться на першому етапі розробки, тому будуть використані деякі обмеження.

Блок-схема процедури обробки даних під час розпізнавання небезпечних об'єктів на зображенні рентгенівської охоронної системи наведена на рис. 3.1.

Перша процедура – отримання зображення. Ця процедура реалізована в приймачі рентгенівської системи та заснована на кодуванні рівня ослабленого випромінювання в яскравість. Зображення має вигляд двовимірного масиву з відповідним значенням яскравості. Металеві предмети повністю поглинають випромінювання, і тоді значення в масиві для цього випадку буде дорівнювати нулю. Максимально можливе значення в масиві відповідає прийому випромінювання без ослаблення.

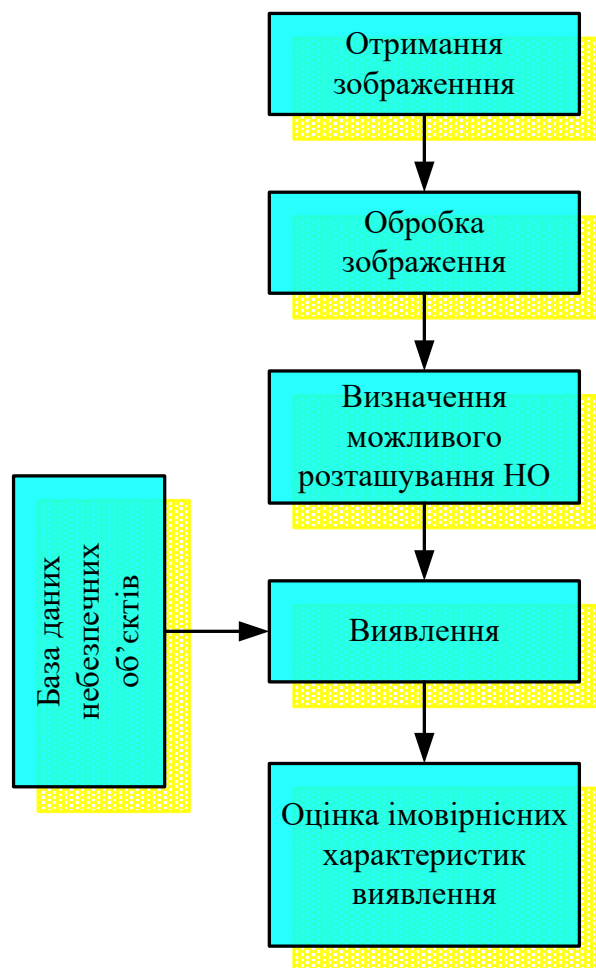


Рисунок 3.4 – Блок-схема процедур обробки даних

Друга процедура – попередня обробка сигналу. Ця процедура зосереджена на початковій підготовці зображення для наступних операцій. Попередня обробка може включати фільтрацію шумів зображення, зміну розмірів зображення, виділення об'єктів із заданим ослабленням випромінювання та ін. Наприклад, якщо ми хочемо розпізнати пістолети, ми виберемо лише металевий предмет із повним ослабленням сигналу. Однак такий вибір знижує якість виявлення небезпечних об'єктів, оскільки зброю можна виготовляти за допомогою 3D-принтерів та інших матеріалів.

Наступна процедура – можливе визначення положення шуканого об'єкта. Ця процедура може бути реалізована за допомогою різних перетворень до простору рішень, різних методів кластеризації, обчислення просторових спектрів та інших.

Процедура виявлення передбачає розрахунок вирішальної статистики та порівняння її значень з порогом. Поріг може бути обчислений, використовуючи деяку апріорну інформацію, наприклад, про ймовірність помилкової тривоги для заданих статистичних характеристик шуму.

Загалом може бути використана еталонна база даних масок об'єктів пошуку. У загальному випадку маски дають можливість навчити детектор і підвищити якість виявлення. Система рентгенівської безпеки повинна містити блоки фільтрів для різних небезпечних об'єктів. У цій роботі використовується сім типів еталонів для пістолетів, які необхідно виявити. Опис еталонів показано на рис. 3.5.



Рисунок 3.5– Еталони для виявлення

Останньою процедурою обробки даних є оцінка ймовірнісних характеристик виявленого об'єкта. Ця процедура передбачає розрахунок робочої характеристики приймача для різних шумових ситуацій, розрахунок матриці помилок та ін.

Зосередимося лише на техніці виявлення пістолетів. Ця методика заснована на розрахунку коефіцієнта кореляції аналізованого зображення та еталонів. Перш ніж пояснювати покрокову процедуру виявлення, введемо обмеження:

1. Предметом обшуку є пістолет.
2. Процедура попередньої обробки фільтрує всі шуми на зображенні.
3. Об'єкт пошуку має довільний кут повороту та довільний масштабний коефіцієнт.

На зображенні виділена зона можливого розташування пістолета .

5. Пістолет можна виготовити за допомогою 3D-принтерів.

Розрахунки всіх етапів процедури виявлення проводились у програмі MathCAD .

Розглянемо покрокову процедуру виявлення.

Крок 1. Зчитування зображень вибраної області аналізованого предмета та еталонів. Можливе одночасне дослідження для всіх еталонів. Для простоти ця методологія представляє лише один із них. Приклад зображень виділеної області та еталону 6 наведено на рис. 3.6.

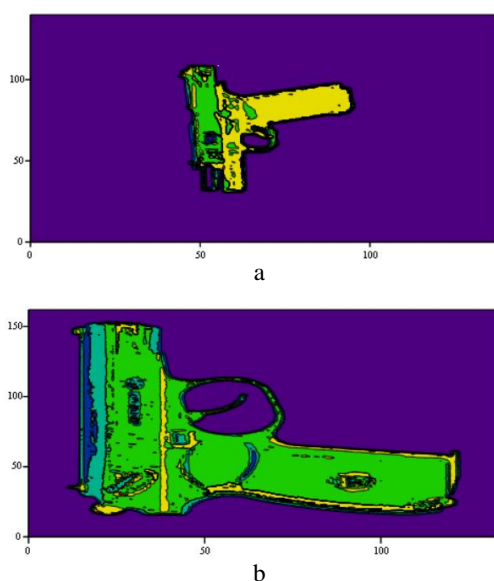


Рисунок 3.6 – Зображення в MathCAD : а) можлива область розташування пістолета; б) зображення еталону 6

У програмі MathCAD зображення були отримані за допомогою вбудованого оператора `read_image()`. Крім того, на цьому кроці можна спотворити зображення, додавши до нього шум. Було реалізовано два генератори шуму: Гауса та Релея. Параметри шуму можна регулювати, а також можна оцінити відношення сигнал/шум.

Крок 2. Бінаризація зображення . Для прискорення обчислювального процесу може бути корисним відфільтрувати пікселі малих амплітуд - незначних. Решту пікселів можна вважати значущими. Для реалізації цієї процедури були обрані пороги для еталонів і аналізованого зображення. Результатом обчислення є матриці  $B(x, y)$ , які містять нулі та одиниці.

Приклад бінаризації зображень показаний на рис. 3.7.

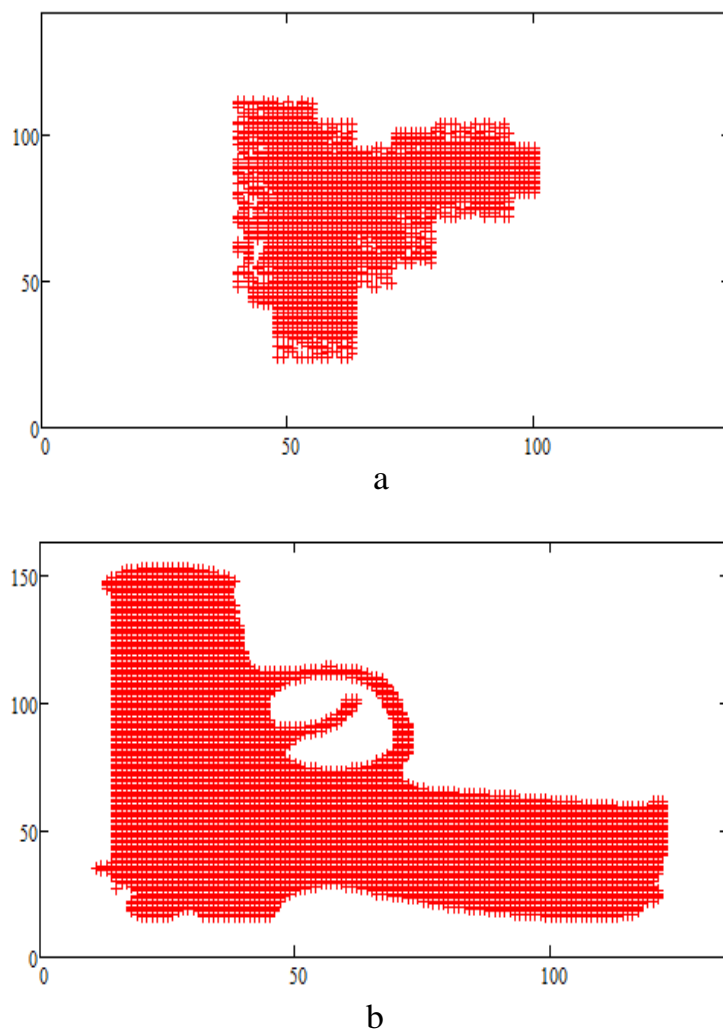


Рисунок 3.7 – Зображення після бінаризації : а) перевірене зображення; б) зображення еталону б

Крок 3. Переміщення центру еталонів до центру аналізованого зображення. Для цього, перш за все, необхідно оцінити центри зображень, отриманих на кроці 2. Щоб застосувати методи статистичної обробки даних до нашого зображення, введемо наступну аналогію. Нехай зображення утворено набором точок (стовпців у тривимірному просторі), а інтенсивність пікселя (функція  $\Psi(x, y)$  яскравості) вказує на кількість точок у кожному з пікселів. Якщо загальна кількість точок  $N_p$ , то координати центру будуть такими [13]

$$x_c = \frac{1}{N_p} \sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} x \Psi(x, y) B(x, y),$$

$$y_c = \frac{1}{N_p} \sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} y \Psi(x, y) B(x, y),$$

де  $N_x$  і  $N_y$  – розміри зображення.

Отримана оцінка центру зважується з урахуванням інтенсивності пікселів. Результати розрахунку генерують центри для аналізованого зображення ( $x_c; y_c$ ) та еталони ( $x_{cEi}; y_{cEi}$ ). Рух зображення реалізовано за допомогою матричного методу обробки графіки. Матрицею переміщення в цьому випадку буде

$$T_{Ei} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & x_c - x_{cEi} \\ 0 & 1 & y_c - y_{cEi} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Координати кожного пікселя еталону перетворюються відповідно до рівняння

$$\begin{pmatrix} x_{Em} \\ y_{Em} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & x_c - x_{Ei} \\ 0 & 1 & y_c - y_{Ei} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_E \\ y_E \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Крок 4. Оцінка кута повороту. Цей крок складається з двох частин. Передбачається, що відстань між центром зображення і довільною точкою зображення в радіальній матриці буде відображатися не в лінійному масштабі, а за допомогою степеневої функції. У цьому випадку кількість кілець відстані між будь-якими двома довільними точками одного зображення з різними масштабними

коефіцієнтами буде однаковою, що дозволить порівнювати їх за коефіцієнтом кореляції за допомогою ковзного вікна. Розміри радіальної матриці відповідають кількості дистанційних кілець  $N_d$  і кількості дискретних секторів сканування  $N_s$ . Також необхідно вибрати параметр  $d$  степеневої функції. Коефіцієнт радіальної пропорції  $K_{gp}$  дорівнює різниці площ сектора, що охоплює дане дистанційне кільце, і сектора, що охоплює всі попередні кільця, крім даного. Для  $i$ -го дистанційного кільця коефіцієнт радіальної пропорції можна представити наступним чином

$$K_{gp\ i} = \frac{\pi}{N_s} \left( 2^{\frac{2i+1}{d}} - 2^{\frac{2i-1}{d}} \right).$$

Радіальна матриця дає можливість представити полярні координати у прямокутній формі та спростити розрахунок коефіцієнта кореляції. Приклад радіальних матриць для аналізованого зображення та еталону б з рисунка 3 у випадку 108 кілець відстані, 512 дискретних секторів і  $d=16$  показано на рис. 3.8.

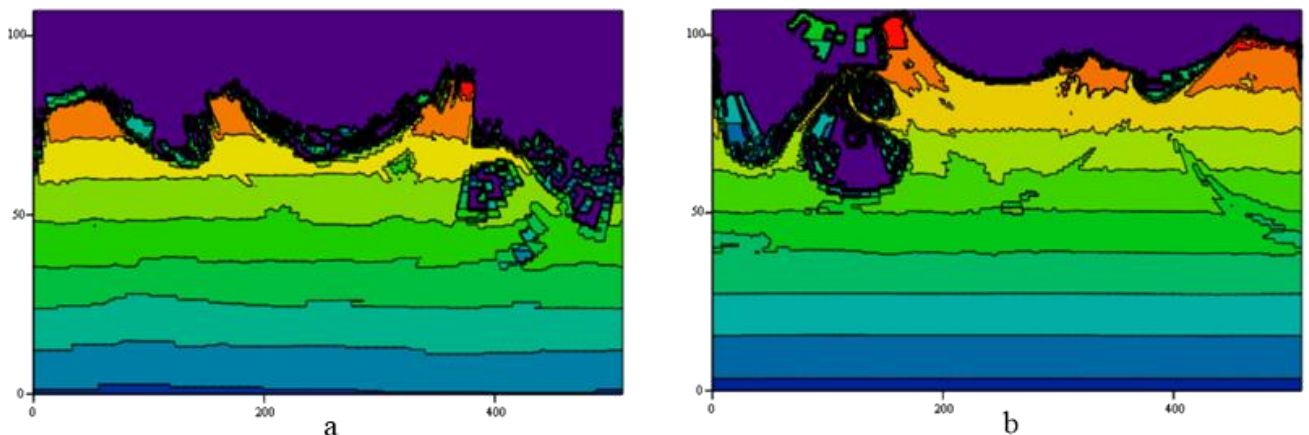


Рисунок 3.8 – Радіальні матриці для зображень: а) перевірене зображення; б) зображення еталону б

Щоб можна було розрахувати коефіцієнт кореляції, ми обчислили суми всіх відстаней у радіальних матрицях для всіх можливих секторів. Приклад отриманих залежностей наведено на рис. 3.9.

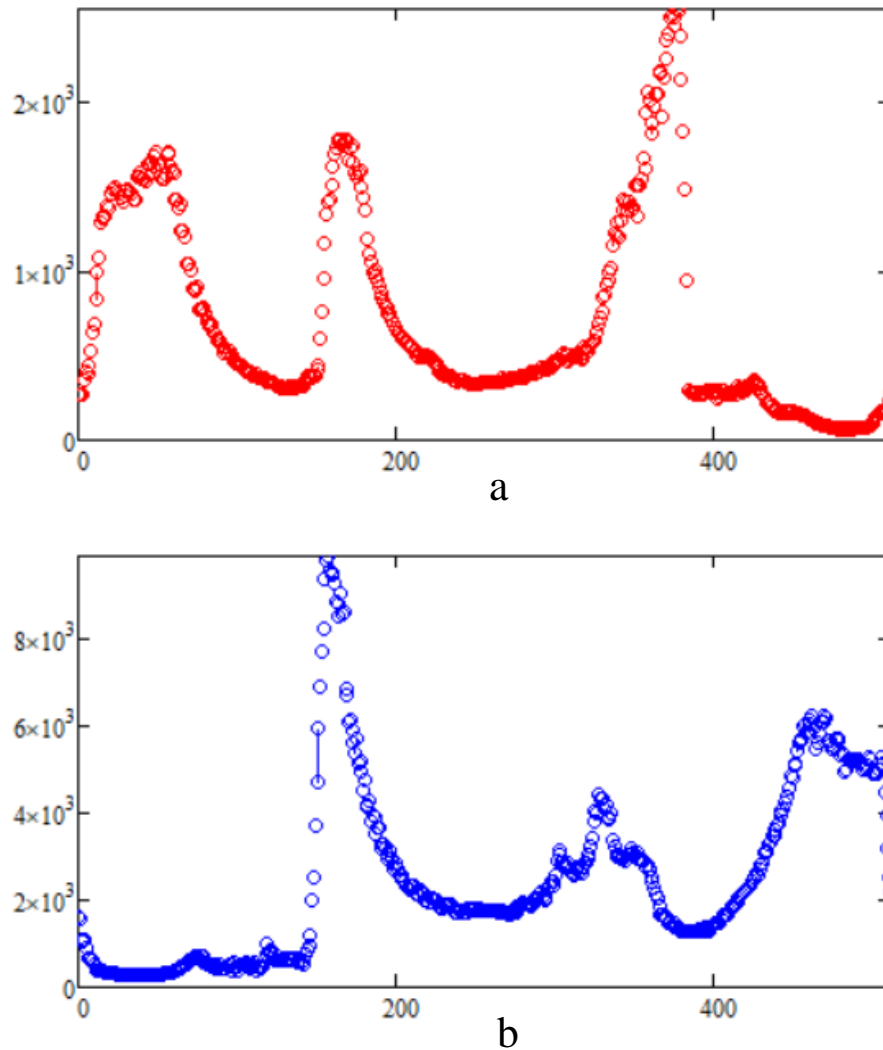


Рисунок 3.9 – Суми відстаней для радіальних матриць зображень:  
 а) тестоване зображення; б) зображення еталону 6

Для переміщення еталонного зображення в положення аналізованого може знадобитися не тільки поворот, але і відображення. Тому ми створили оборотну матрицю накопичених сум відстаней у дискретних секторах для еталонного зображення з метою подальшого використання її в ковзній обробці для покрокової оцінки кореляції з відбитою копією та прийняття рішення про необхідність виконати перетворення відображення.

Наступним етапом розрахунку є оцінка коефіцієнта кореляції. Для цього пряма та зворотна матриці були розширені до двох повних обертів. Після цього ми використовували оцінку коефіцієнта кореляції в ковзному вікні, яке рухалося по розширених матрицях.

На рис. 3.11 представлено залежність оцінок коефіцієнта кореляції від кута повороту для прямого та зворотного ковзання. Візуальний аналіз залежностей показує існування глобального максимуму для обох випадків. Ці значення дорівнюють 0,7 і 0,821 для прямого і зворотного ковзання відповідно.

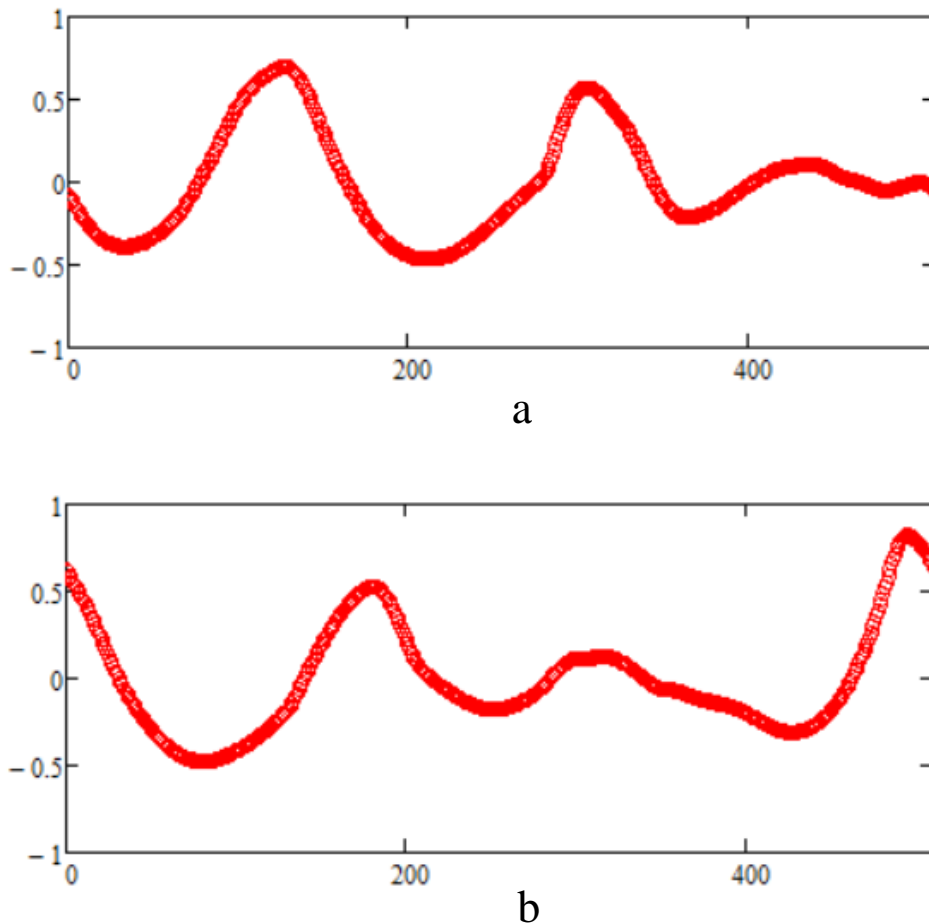


Рисунок 3.10 – Оцінки коефіцієнта кореляції для: а) прямого ковзання; б) зворотне ковзання

Порівняння глобальних максимумів коефіцієнта кореляції дає можливість прийняти рішення про відображення зображення. У цьому числовому випадку зворотне ковзання забезпечує більше значення глобального максимуму, тому еталонне зображення має бути відображене.

Для виконання перетворення відбиття ми використали матричне рівняння з матрицею відбиття відносно осі  $x$  наступного типу



$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Тоді ми можемо оцінити  $\alpha$ . Цей кут відповідає аргументу максимуму глобальних максимумів для коефіцієнта кореляції для прямого та зворотного ковзання, тобто

$$\alpha = -\frac{2\pi}{N_s} \arg \max(r_{\text{dir}}(j), r_{\text{rev}}(j)),$$

де  $j$  – кількість дискретних секторів сканування,  $r_{\text{dir}}(j)$  і  $r_{\text{rev}}(j)$  – коефіцієнти кореляції для прямого та зворотного ковзання відповідно.

Для розглянутого числового прикладу оцінка кута нахилу дорівнює  $-6,075$  радіан. Для виконання повороту еталонів використовували матричне рівняння з матрицею повороту навколо центру системи координат наступного типу

$$R_{Ei} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Слід зазначити, що для реалізації цієї процедури еталонні зображення переміщувалися в початок системи координат, відбивалися за потреби, оберталися та поверталилися у вихідну точку.

Приклад результату перетворення наведено на рис. 3.12. Візуальний аналіз отриманих радіальних матриць показує приблизно однаковий вигляд обох залежностей.

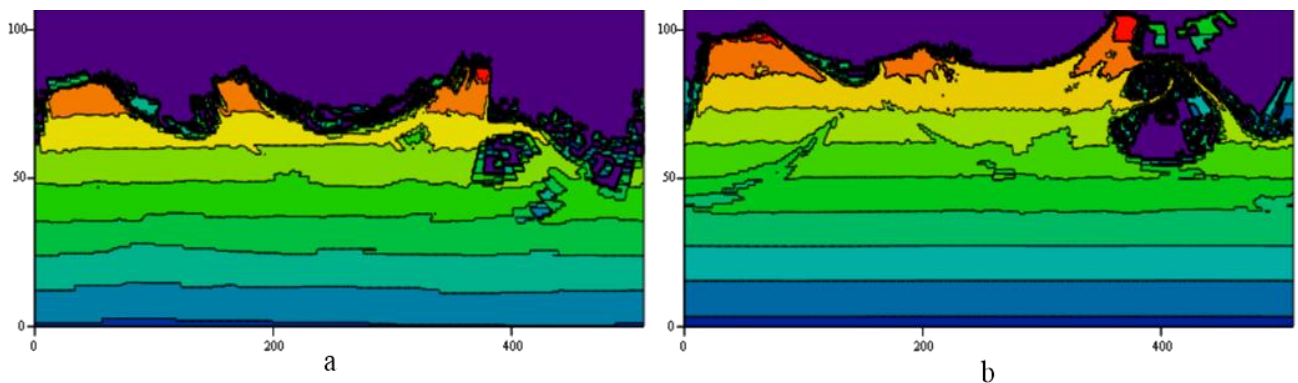


Рисунок 3.11 – Радіальні матриці для зображень: а) перевірене зображення; б) зображення еталону

Крок 5. Оцінка коефіцієнта масштабу. Цей крок пов'язаний з вирішенням оптимізаційної задачі для коефіцієнта кореляції. Для цього виконуємо пряме та зворотне лінійне переміщення зображень радіальних перетворень еталонного зображення відносно досліджуваного та навпаки з ковзною оцінкою коефіцієнта кореляції.

У цьому випадку ми використовуємо властивість радіальних матриць, яка пов'язана з тим, що кількість кілець відстані між будь-якими двома довільними точками одного зображення з різними коефіцієнтами масштабування є однаковою, що дозволяє оцінити коефіцієнт кореляції за допомогою ковзного вікна відстані. . Успіх описаної процедури вимагає ковзання радіальної матриці більшого об'єкта відносно радіальної матриці меншого об'єкта. Однак, оскільки розмір кожного з об'єктів невідомий, необхідно перевірити обидва варіанти ковзання.

Порівняння максимумів коефіцієнта кореляції дає можливість оцінити масштабний коефіцієнт  $s$ . Цей коефіцієнт відповідає аргументу максимуму для коефіцієнта кореляції для прямого та зворотного ковзання, тобто

$$s = 2 \frac{\arg \max(r_{\text{dir}}(j), r_{\text{rev}}(j))}{d}.$$

Для розглянутого числового прикладу оцінка масштабного коефіцієнта дорівнює  $-0,479$ . Для виконання процедури масштабування було використано матричне рівняння з масштабуючою матрицею наступного типу

$$S_{Ei} = \begin{pmatrix} s & 0 & 0 \\ 0 & s & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Приклад результату перетворення показаний на рис. 3.12.

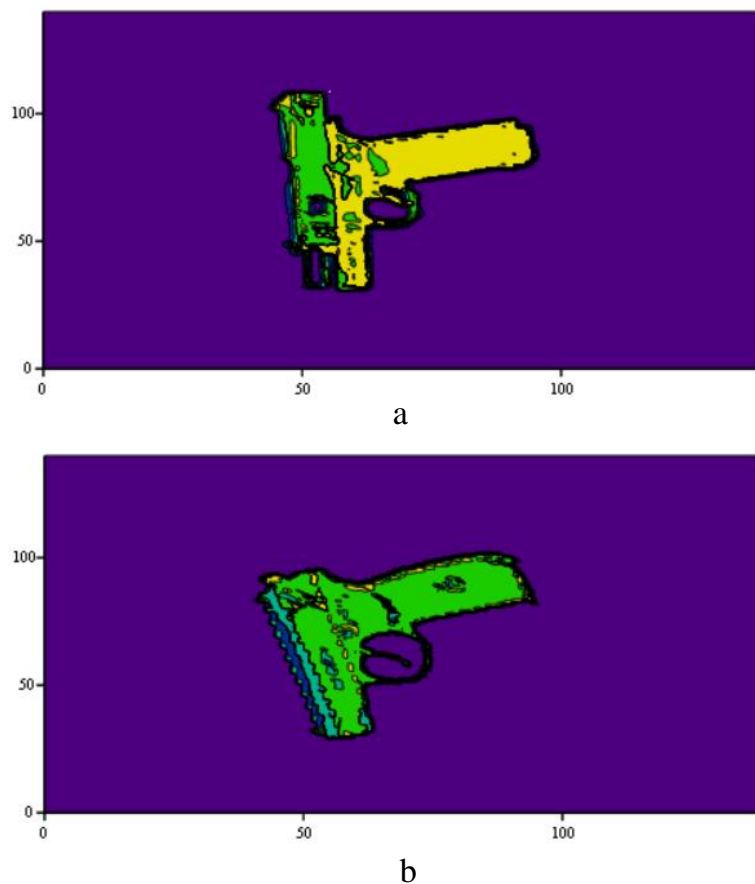


Рисунок 3.12 – Зображення після всіх перетворень: а) перевірене зображення; б) зображення еталону б

Крок 6. Остаточне прийняття рішення. Ця процедура складається з двох операцій. Першою операцією є розрахунок коефіцієнта кореляції між аналізованим зображенням і трансформованим зображенням еталону. Друга операція - порівняння коефіцієнта кореляції з порогом. Якщо розрахована кореляція перевищує порогове значення, буде прийнято рішення про наявність небезпечного об'єкта.

Основною проблемою є визначення порогового значення. У цьому дослідженні порогове значення було розраховано на основі комп'ютерного моделювання. Значення порогу відповідає необхідному значенню ймовірності помилкової тривоги. Для нашого дослідження ми розраховали приблизне значення порогу для прийняття рішення про наявність пістолетів для 0,01 ймовірності помилкової тривоги. Цей поріг приблизно дорівнює 0,71. У майбутніх дослідженнях ми спробуємо знайти значення порогу з урахуванням впливу шуму на основі статистичного моделювання. Для представленого числового прикладу кінцевий

коефіцієнт кореляції дорівнює 0,799. Це значення перевищує порогове значення, тому ми маємо правильне виявлення пістолета. Блок-схема запропонованого методу виявлення пістолетів показана на рис. 3.13.

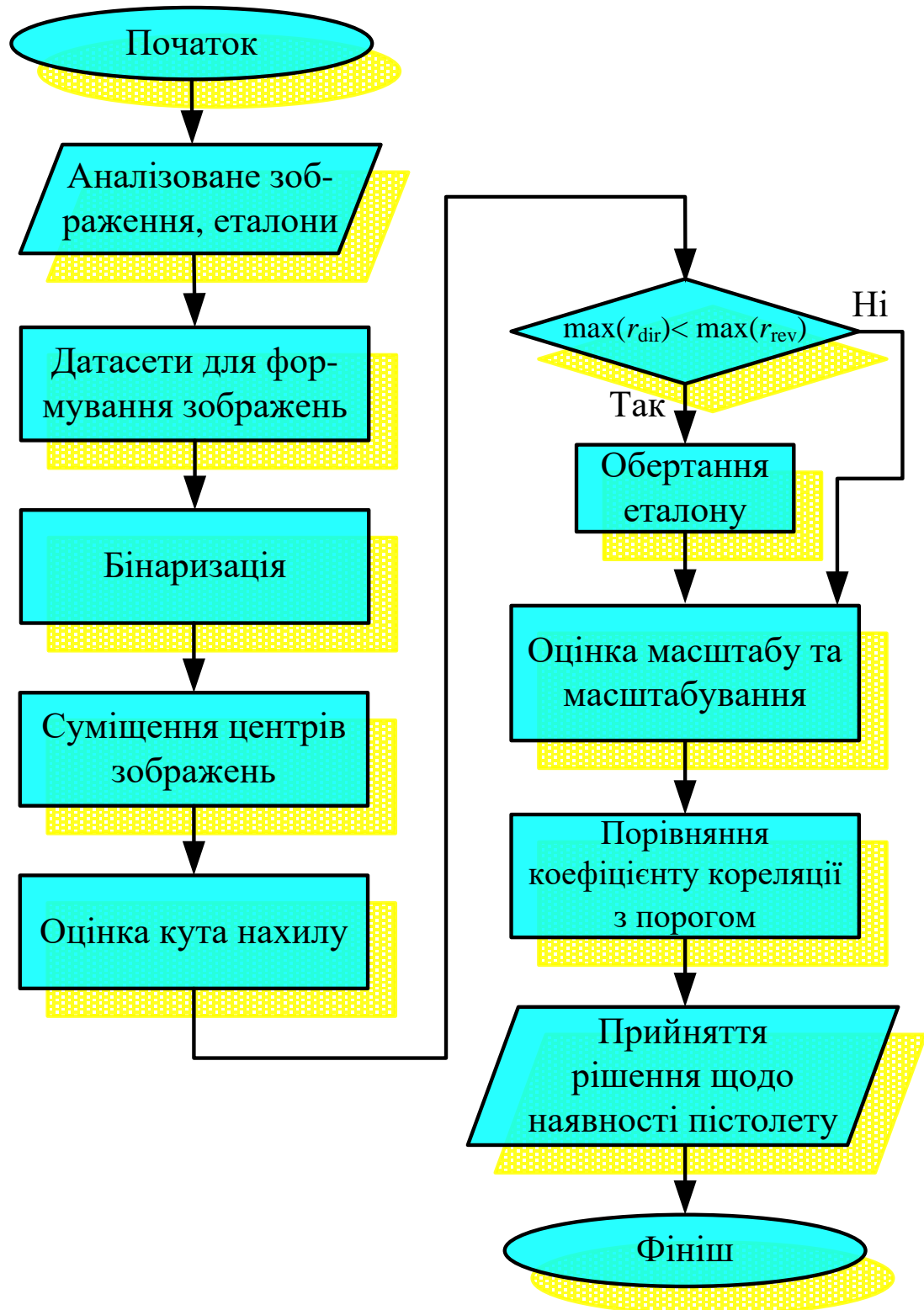


Рисунок 3.13 – Блок-схема запропонованої процедури виявлення [13]

### 3.3 Аналіз методу виявлення небезпечних предметів

Для оцінки ефективності запропонованого методу виявлення необхідно провести аналіз. У класичній інтерпретації аналіз детектора передбачає розрахунок робочої характеристики приймача. Однак, відповідно до введених обмежень, ми обробляємо зображення без шумів. У цьому випадку аналіз концентрується на розрахунку матриці правильних і помилкових рішень при розпізнаванні пістолета. Аналіз проводився за допомогою розробленої програми MathCAD .

Щоб перевірити можливе прийняття рішень, було створено два типи перевірених зображень.

Перший тип – це еталонне зображення з довільним кутом повороту та довільним масштабним коефіцієнтом.

Другий тип – це одне з перевірених зображень, включаючи інші небезпечні об'єкти (зброя) і безпечні об'єкти.

Основні типи перевірених зображень показані на рис. 3.14.

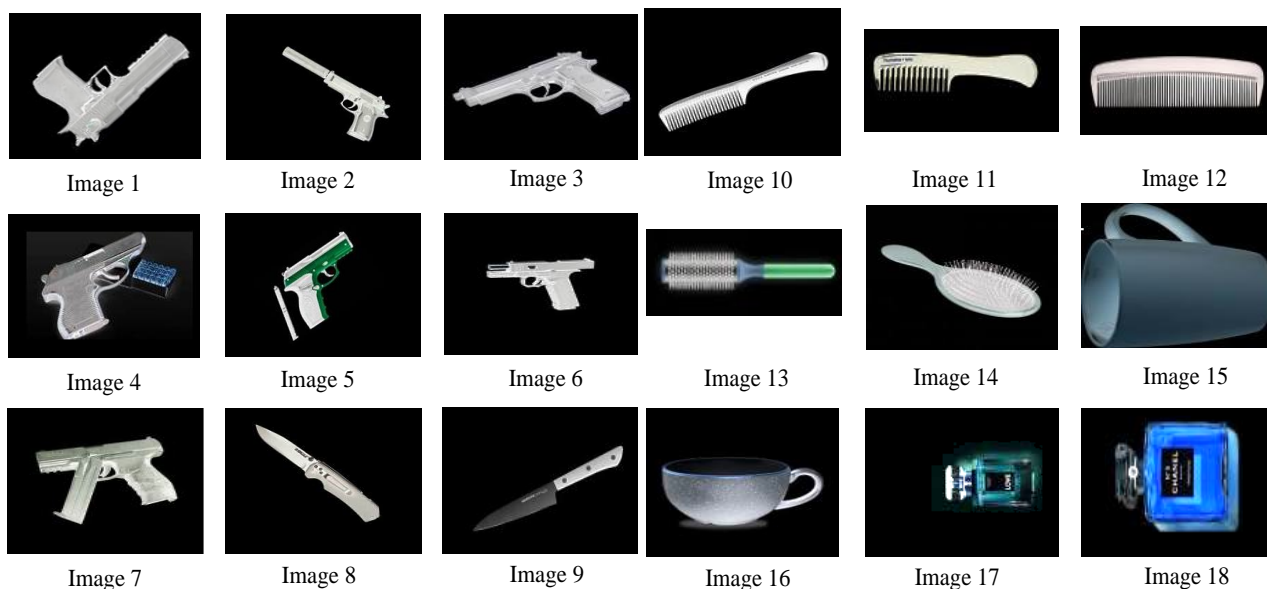


Рисунок 3.14 – Зображення для тестування детектора

Результати розрахунку коефіцієнта кореляції при розпізнаванні еталону (E) та досліджуваного зображення (I) наведені в табл. 3.1 і 3.2 відповідно.

Таблиця 3.1

## Коефіцієнт кореляції для еталонів

$r$	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
E1	1	0,78	0,59	0,53	0,87	0,79	0,91
E2	0,78	1	0,63	0,51	0,74	0,76	0,79
E3	0,59	0,64	1	0,44	0,59	0,55	0,59
E4	0,5	0,58	0,49	1	0,55	0,66	0,57
E5	0,85	0,72	0,56	0,53	1	0,75	0,88
E6	0,76	0,75	0,53	0,56	0,74	1	0,77
E7	0,89	0,77	0,56	0,53	0,87	0,77	1

Таблиця 3.2

## Коефіцієнт кореляції для перевірених зображень

$r$	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
I1	0,86	0,75	0,62	0,53	0,87	0,75	0,91
I2	0,7	0,61	0,56	0,53	0,69	0,6	0,72
I3	0,88	0,78	0,59	0,5	0,83	0,74	0,88
I4	0,68	0,66	0,59	0,4	0,63	0,62	0,68
I5	0,67	0,68	0,6	0,51	0,61	0,66	0,64
I6	0,76	0,78	0,71	0,63	0,73	0,8	0,76
I7	0,51	0,59	0,48	0,55	0,54	0,56	0,54
I8	0,5	0,46	0,45	0,36	0,46	0,42	0,51
I9	0,52	0,46	0,48	0,35	0,48	0,45	0,52
I10	0,5	0,42	0,4	0,28	0,45	0,44	0,48
I11	0,47	0,4	0,41	0,2	0,45	0,41	0,47
I12	0,43	0,39	0,4	0,26	0,41	0,42	0,42
I13	0,42	0,38	0,22	0,22	0,37	0,35	0,4
I14	0,7	0,58	0,66	0,61	0,65	0,65	0,69
I15	0,49	0,47	0,41	0,36	0,44	0,5	0,5
I16	0,67	0,66	0,65	0,65	0,66	0,7	0,69
I17	0,54	0,55	0,61	0,51	0,53	0,57	0,55
I18	0,47	0,5	0,48	0,47	0,48	0,52	0,49

Дані в табл. 3.1 були отримані без обертання та масштабування. Діагональні елементи в табл. 3.1 відповідають максимальному значенню коефіцієнта кореляції.

Обертання та масштабування зменшують оцінку коефіцієнта кореляції до 0,95. Комп'ютерне моделювання дозволило оцінити ймовірність правильного виявлення пістолета, яка становила 0,882, а ймовірність помилкової тривоги дорівнювала 0,01 [13]. Невиявлена зброя (і відповідно низький коефіцієнт кореляції) у табл. 3.2 пояснюється відсутністю еталонів у банку фільтрів для перевірених зображень 1–7. Дані в табл. 3.2 були отримані для випадкових значень обертання та масштабування перевірених зображень.

### **Висновки до розділу 3**

У третьому розділі дипломної роботи виконано синтез та аналіз методу розпізнавання пістолетів під час роботи рентгенівської системи безпеки. Запропонований метод заснований на спеціальній методиці обробки зображень, що використовує порівняння верифікованого зображення з еталонним зображенням. Моделювання дає можливість визначити ймовірності правильного виявлення та помилкової тривоги (0,882 та 0,01 відповідно).

## РОЗДІЛ 4. ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ РЕНТГЕНТЕЛЕВІЗІЙНОГО ІНТРОСКОПУ

### 4.1 Основні вимоги до організації пунктів контролю аеропорту

Кількість і характеристики необхідного технічного обладнання для організації пунктів контролю та перевірки багажу та пасажирів визначаються різними факторами, такими як обсяг пасажирського потоку, розмір приміщення, в якому буде встановлено обладнання, та кількість працівників, що здійснюють перевірку. Наприклад, великий аеропорт із складною інфраструктурою, що регулярно обслуговує велику кількість пасажирів, потребує більше обладнання для ефективного обслуговування, ніж менший аеропорт із меншою пропускнуою здатністю.

Отже, обсяг пасажирського потоку є основним критерієм для визначення кількості необхідного обладнання, яке забезпечить ефективну роботу пункту контролю, забезпечуючи комфортну процедуру для пасажирів. Розрахунок потрібного обладнання ґрунтується на аналізі та прогнозуванні статистики пасажиропотоку.

Статистичні дослідження обробки та управління багажем показують, що в середньому пасажир перевозить 1,5 одиниць багажу та 1,0 одиниць ручної поклажі, що відповідає технічним можливостям ендоскопів.

Проте 50% ручної поклажі не відповідає цим вимогам, а 10% предметів, які проходять перевірку, вимагають ретельного розпакування та ручної перевірки.

Час роботи камерних ендоскопів становить 40 секунд, а конвеєрних - 30 секунд. Це відповідає середньому стандартному часу перевірки одного місця багажу – 15 секунд і однієї ручної поклажі – 10 секунд.

При проведенні ручної перевірки багажу і ручної поклажі пасажира становить 180 секунд, що відповідає середньому часу перевірки однієї сумки – 90 секунд та одного місця ручної поклажі – 45 секунд.



Дотримання загальноприйнятих умов для обслуговування пасажирів у черзі перед лінією догляду має відповідати встановленим нормам:

- Максимальна тривалість перебування пасажирів у черзі - 6 хвилин;
- Розрахунковий максимальний час очікування і обслуговування становить 7,1 хвилини;
- Максимальна довжина черги із середньою тривалістю обслуговування 1,1 хвилини – 6,45 осіб.

Розрахункова ємність пропускної спроможності лінії митного контролю є очікувана кількість пасажирів за годину (N).

Звідси необхідна кількість паралельно працюючих інтроскопів повинна бути:

$$n = \frac{N}{60} * 1.1 \approx 0.02N$$

Більшість керівних органів аеропортів зазвичай ретельно ведуть фінансово-статистичний облік пасажиропотоків та експлуатаційних показників. Це необхідно для визначення розміру оплати за посадку та інших зборів, які стягуються від користувачів аеропорту.

Такі статистичні дані та прогнозні показники обліку є основою для об'єктивного планування розвитку аеропорту та визначення необхідного рівня обладнання для належного обслуговування пасажирів. Оскільки добове пікове навантаження може становити від 1% до 12% від загальної добової потужності, детальне проектування об'єкта, включаючи розрахунок кількості потрібного обладнання, базується на погодинних потоках (тобто оплачуваних годинах). Але абсолютне максимальне значення не може бути використане для точних розрахунків через те, що в такому випадку кількість обладнання, визначена річним обсягом перевезень, може бути завищеною і приводити до значних періодів простою. Збалансовані погодинні пікові показники пасажиропотоку, отримані на основі фіксованих розрахунків, щоб уникнути загального перевантаження точок обслуговування, забезпечити ефективну роботу під час пікових навантажень і уникнути простоїв у періоди низького навантаження, називають "стандартною

щільністю пасажиропотоку" (SBR). Вимірюється ця величина кількістю пасажирів, які проходять через аеропорт за годину або кількістю пасажирів за годину.

Під час розрахунку SBR важливо враховувати різницю між пасажирями з пересадкою та трансферними пасажирями, а також між пасажирями, які вилітають вперше з даного аеропорту.

Існують два методи розрахунку SBR для планування. Перший - базується на концепції типового дня, який визначається як другий за поширеністю день середнього тижня за певний період часу, залежно від навантаження. За допомогою обсягу навантаження під час типового дня можна розрахувати середню щільність трафіку за годину.

Другий метод використовує аналіз щільності годинного трафіку протягом року, і для SBR береться щільність трафіку під час тридцятої найбільш завантаженої години. Для оцінки майбутніх потреб у обладнанні корисно розрахувати майбутні значення SBR, щоб забезпечити систематичний підхід до зростання попиту.

#### **4.2 Вимоги до рентгенівського доглядового обладнання**

**Загальні вимоги.** Габаритні розміри не повинні перевищувати 3100мм x 1150мм x 2000мм. Важливо, щоб маса апарата не тиснула на підлогу більше ніж 5 кН/м<sup>2</sup>. Для збору та переміщення багажу передбачено додатковий роликовий транспортер.

Апарат повинен мати колеса або коліщатка для зручності транспортування, а також затискні пристрої або болти для фіксації на робочому місці.

Апарати призначені для тривалої роботи, мають час розігріву до 10 хвилин і кнопку аварійної зупинки транспортера.

Апарати для рентгенівського доглядового контролю повинні використовувати інтегральні цифрові схеми та забезпечувати лінійне сканування.

Склад обладнання включає конвеєрну стрічку, генератор рентгенівського випромінювання, систему візуального відображення, блок управління, пульт оператора та інше необхідне обладнання.

**Рентгенівські установки.** Для рентгенівської системи встановлено дозу випромінювання не більше 0,15 мР. Постачальник має визначити тип охолодження рентгенівської трубки.

Обладнання володіє високою роздільною здатністю та проникаючою здатністю, що дозволяє відображати на екрані об'єкти різної щільності, включаючи легкий пластик, тканини, скло та тверді металеві предмети. Апарат повинен розпізнавати мідний дріт товщиною 0,1 мм і створювати принаймні 14 відтінків сірого, а також проникати через сталеві стінки товщиною 10 мм, не освітлюючи фотоплівку.

Рентгенівська камера призначена для об'єктів розміром 700мм x 500мм та здатна виконувати електронне збільшення областей зображення.

Рентгенівське зображення будь-якого багажу або предмету має бути повним і без обрізаних кутів.

Постачальник має визначити тип охолодження рентгенівської трубки.

**Система візуального відображення.** Система візуального відображення повинна швидко обробляти зображення об'єкта, забезпечуючи чітке відображення на телевізійному екрані під час руху конвеєрної стрічки. Градієнт контрасту об'єктів різної товщини можна покращити за допомогою регульованої корекції тону, а система повинна забезпечувати високу чіткість контурів усіх об'єктів.

Система візуального відображення повинна миттєво й автоматично обробляти зображення об'єкта, опромінюваного рентгенівською трубкою, під час безперервного руху конвеєрної стрічки та видавати чітке зображення на екрані блоку виводу зображення.

Зображення на екрані монітора має зберігатися до отримання нового зображення від іншого об'єкта або до вимкнення живлення.

Щоб покращити контрастність об'єктів різної товщини та щільності матеріалу, слід використовувати регульовану корекцію тону.

Система має передбачати наявність методу цифрової обробки для підвищення чіткості контурів усіх об'єктів.

Забезпечити можливість електронного збільшення частини зображення на екрані монітору. Якщо об'єкт збільшується за допомогою електронних методів, коли він проходить через рентгенівську камеру, контур зображення на екрані не повинен бути та розмитим.

**Блок управління апаратом.** Блок розміщується на робочому місці оператора. Пульт управління розташований біля рентгенівського апарату. Цей пристрій має такі елементи керування: Перемикач, за допомогою якого контролюється доступ до джерела живлення рентгенівського апарату;

- Кнопка включення рентгенівського апарату;
- Електронний контролер масштабування, що дозволяє збільшити зображення в 2 рази, і спеціальні функції для визначення частини зображення, яку потрібно збільшити.

Блок керування має такі індикатори:

- Індикатор живлення;
- Індикатор робочого стану транспортера - «Робота»;
- Індикатор робочого стану транспортера - «Стоп».

**Монтаж та установка обладнання.** Рентгенівське інтроскопічне обладнання експлуатують в опалювальному приміщенні з температурою повітря від 5 до 40°, вологість не повинна перевищувати 80% при температурі до плюс 27°.

Вибір місця розташування обладнання враховує контроль пасажиропотоку та забезпечення доступу до обслуговуючого обладнання [16].

Монтаж рентгенівського обладнання здебільшого здійснюється постачальниками обладнання за допомогою технічних фахівців, що попередньо пройшли спеціальне навчання.

Виробник надає всі необхідні інструменти, контрольно-вимірювальне обладнання та матеріали для встановлення, тестування та введення системи в експлуатацію.

У своїй документації постачальники надають значення середнього часу напрацювання на відмову (MTBF) і загального часу напрацювання системи між ремонтом (MTBF). Після встановлення та налагодження обладнання виробник повинен засвідчити, що це обладнання відповідає вимогам замовлення. Компанії повинні надати детальний графік випробувань на місці протягом трьох місяців після отримання обладнання.

Для проведення приймальних випробувань компанія-виробник надає будь-які спеціальні інструменти, контрольно-вимірювальне обладнання та кваліфіковану робочу силу, яка може знадобитися.

**Технічна експлуатація та ремонт інтроскопу.** Інтроскопічне обладнання забезпечення безпеки, яке використовується для контролю пасажирів і вантажів у цивільній авіації, повинно бути спроектоване відповідно до вимог стандартів для забезпечення високої надійності, простоти обслуговування, безпеки персоналу та максимальної зручності використання.

Блоки, вузли та компоненти повинні бути уніфікованими та легкодоступними забезпечуючи легкий доступ для виконання робіт з технічного обслуговування.

Основна інформація, необхідна для належної роботи ендоскопа (використання за призначенням, технічне обслуговування, транспортування тощо), міститься в інструкції з експлуатації виробу та надається разом з обладнанням.

Перед введенням обладнання в експлуатацію, необхідно виконати пусконаладжувальні роботи (монтаж, налагодження, регулювання). Ці роботи виконує представник виробника, після чого відповідні операції реєструються у відповідному формулярі.

Інженерно-технічний персонал і підпорядковані оператори САБ повинні приступати до роботи на обладнанні тільки після проходження навчання та ознайомлення з експлуатаційною документацією та переліком вимог безпеки життєдіяльності.

Під час монтажу, експлуатації, ТО та ремонту інтроскопів важливо дотримуватися вказівок, які містяться у технічній документації:

– Щодо електричної частини виробу слід враховувати вимоги правил технічної експлуатації електрообладнання споживачів (ПТЕ);

– При підключенні до електричної мережі важливо дотримуватися Правил безпеки експлуатації цивільних електроустановок (ПТБ);

– Для рентгенівської частини виробу обов'язково слід керуватися вказівками інструкції з експлуатації комплексу рентгенівської апаратури (КРА) МВ1 000 026 МО і дотримуватися норм радіаційної безпеки, визначених в Україні.

При введенні в експлуатацію рентгентелевізійного ендоскопа необхідно провести перевірку радіаційної безпеки за допомогою служби радіаційного менеджменту міськсанепідемслужби (СЕС), з оформленням відповідного акту.

**Технічне обслуговування.** Рекомендовано кожні 100 годин проводити технічне обслуговування для цього необхідно провести детальну перевірку технічного стану колекторів та мідно-графітової щітки. Для цього зніміть захисну кришку і касету, за допомогою серветки видаляють мідно-графітовий пил з колектора, касети і захисної кришки: за допомогою ватного тампона, змоченого в бензині, необхідно знежирити поверхню колектора; потім за 5 - 10 хвилин тампоном, який попередньо змочений в етиловому спирті провести очищення та обезжирення поверхні колектора; Кожні 500+15 годин, але не рідше одного разу на місяць перевірка і регулювання натягу клинових ременів приводів, заміна міднографітових щіток, знос яких складає понад 8 мм;

Періодична перевірка радіаційної безпеки спеціальними службами СЕС проводиться у встановлені санітарними правилами й інструкціями терміни.

**Загальні вимоги до постачання запасного майна та витратних матеріалів.** Технічне обслуговування обладнання вимагає регулярної поставки витратних матеріалів, запчастин. Постачальники повинні гарантувати постачання запасних частин протягом 15 років. Пристрій постачається з переліком рекомендованого первинного запасу витратних матеріалів.

Рентгенівське обладнання та металодетектори постачаються з чотирма повними технічними комплектами інструкцій, що містять актуальну інформацію про

принципи роботи, розташування, налаштування, технічне обслуговування, процедури усунення несправностей та принципові схеми обладнання.

Технічна документація має бути надана мовою замовника принаймні за два місяці до поставки обладнання.

Рекомендований гарантійний термін не менше двох років з моменту вводу обладнання в експлуатацію.

**Навчання персоналу.** Компанія-виробник або її уповноважений представник проводить два курси навчання: один для технічних спеціалістів, які обслуговують обладнання, і один для операторів, які працюють з обладнанням.

Навчання повинні проводити кваліфіковані фахівці. Вся необхідна для навчання документація і інструкції надаються фірмою. Тривалість навчання, заплановані курси та програми будуть повідомлені компанією-постачальником заздалегідь за 3 місяці до початку навчання

Для проходження курсу навчання по роботі й технічному обслуговуванню має пройти щонайменше вісім техніків та інженерів, знайомих з основами електроніки та обробки цифрових даних.

Навчання необхідно проводити в країні, де було придбано обладнання. Навчання проходить у формі теоретичних занять в аудиторії та практичних занять на робочому місці. Окремі курси присвячені усуненню помилок і несправностей, діагностиці несправностей, їх усуненню, методам нормальної роботи. Також може знадобитися вступний курс програмного забезпечення.

Мають бути надані 12 повних комплектів навчальних матеріалів, включаючи конспекти лекцій, принципові схеми обладнання, схеми з'єднань тощо.

### 4.3. Розробка програм діагностування схеми формування зображення

Технічна діагностика – це процес визначення технічного стану об'єкта. Зміни технічного стану відбуваються в результаті несправності або пошкодження. Тобто технічна діагностика – це пошук несправних елементів об'єкту, який вийшов з ладу, а бо робота якого не відповідає технічним умовам.

Як правило, діагностичні програми відстежують діагностичні параметри відповідно до певних алгоритмів. При розробці програми діагностики параметрів вирішуються завдання синтезу та аналізу. Синтез – це опис діагностичних алгоритмів. Аналіз – розрахунок показників ефективності діагностичних програм.

Під час синтезу виконуються наступні завдання:

- вивчення діагностичних об'єктів і розробка їх діагностичних моделей;
- діагностичні моделі будують на основі структурних і функціональних схемах;
- вибір методу діагностики;
- визначення різних параметрів, які характеризують об'єкт діагностування та конкретні операції  $(Q_i; t_{ki})$ ; на основі різних методів створюються різні діагностичні програми, аналізується їх ефективність і вибирається краща з них.

Методи статистичної інформації ґрунтуються на статистиці відмов та виходу з ладу та виконуються по схемі: дата відмови, ознаки прояви, причина відмови або пошкодження.

Основні етапи аналізу:

1. На основі діагностичних моделей і діагностичних програм, розробляється побудова графів для пошуку елементів, які працюють некоректно або вийшли з ладу;
2. Визначення необхідних значень параметрів;
3. Складання розрахункових формул на основі графів та виконання обчислень.

Ми розробимо дві діагностичні програми, використовуючи інженерний метод та з використанням методу інформаційного критерію.



Діагностична модель схеми візуалізації (рис. 3.2) показана на рис. 4.2.

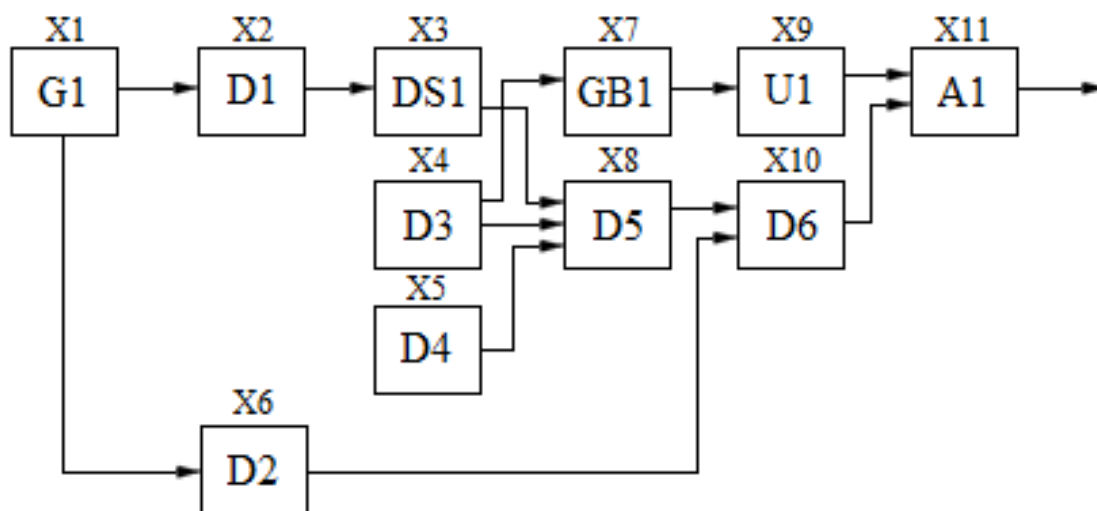


Рисунок 4.2 – Діагностична модель для схеми формування зображення

Побудуємо на основі інженерного методу програму діагностування і зобразимо її на рис. 4.3.

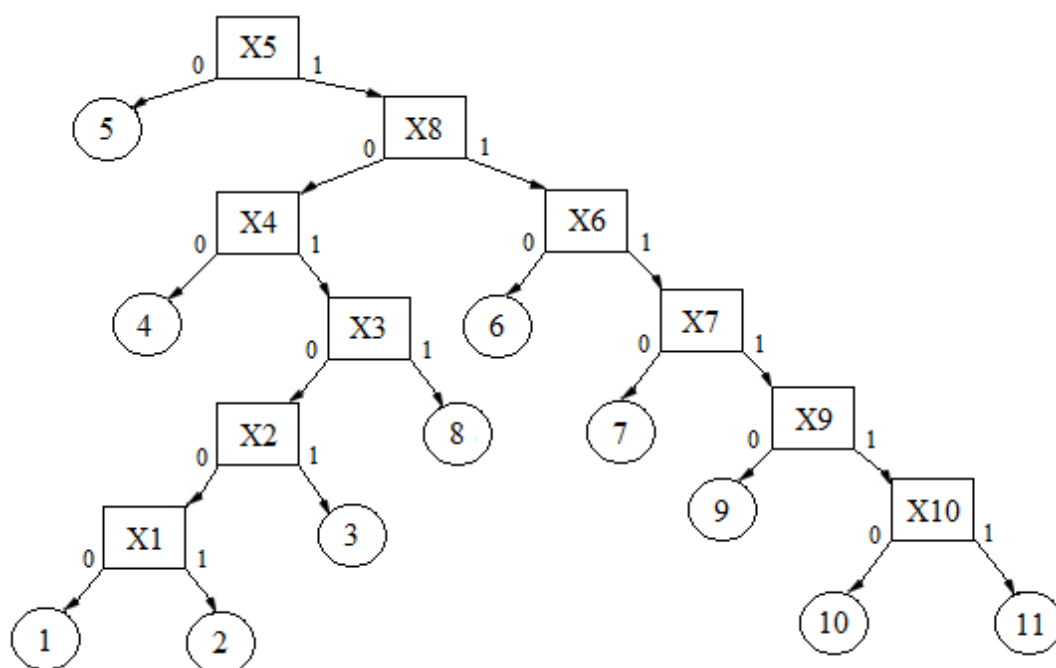


Рисунок 4.3 – Програма діагностування на основі інженерного методу

На основі методу інформаційного критерію виконаємо побудову програми діагностування. Спочатку складемо таблицю станів нашої системи і зобразимо її в табл. 4.1.

Граф станів

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
X1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
X2	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
X3	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
X4	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
X5	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0
X6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0
X7	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
X8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
X9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
X10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
X11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Метод інформаційного критерію полягає в тому, що першим вибирається той елемент системи в якому різниця сум «1» та «0» є мінімальною.

Побудуємо на основі методу інформаційного критерію програму діагностування (рис. 4.4).

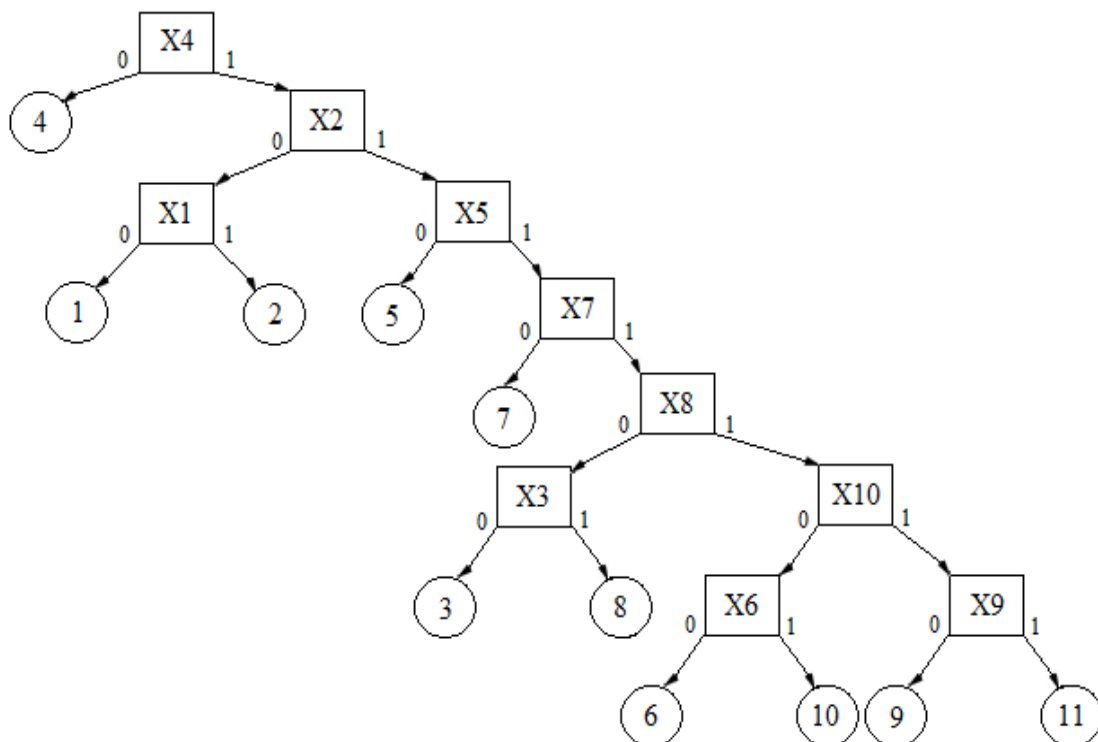


Рисунок 4.4 – Програма діагностування на основі методу інформаційного критерію

Визначимо найкращу програму діагностування за критерієм мінімальної середньої тривалості діагностування.

Нехай:  $t$  – час, який затрачується на перевірку компонента системи.

$$t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = t_5 = t_6 = t_7 = t_8 = t_9 = 1 \text{ у.о.}$$

Ймовірність відмови ( $Q$ ) – це ймовірність того, що в певних умовах в межах заданої тривалості роботи устаткування відмовить.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 0,05; Q_5 = Q_6 = 0,1; Q_7 = Q_8 = 0,15; Q_9 = 0,1; Q_{10} = Q_{11} = 0,05.$$

Для випадку першої програми.

$$\begin{aligned} m_1(\text{tg/інж.метод}) &= Q_1 \times (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_8 + t_5) + Q_2 \times (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_8 + t_5) + \\ &+ Q_3 \times (t_2 + t_3 + t_4 + t_8 + t_5) + Q_4 \times (t_4 + t_8 + t_5) + Q_5 \times (t_5) + Q_6 \times (t_6 + t_8 + t_5) + \\ &+ Q_7 \times (t_7 + t_6 + t_8 + t_5) + Q_8 \times (t_3 + t_4 + t_8 + t_5) + Q_9 \times (t_9 + t_7 + t_6 + t_8 + t_5) + \\ &+ Q_{10} \times (t_{10} + t_9 + t_7 + t_6 + t_8 + t_5) + Q_{11} \times (t_{10} + t_9 + t_7 + t_6 + t_8 + t_5) = \\ &= 0,05 \times 6 + 0,05 \times 6 + 0,05 \times 5 + 0,05 \times 3 + 0,1 \times 1 + 0,1 \times 3 + 0,15 \times 4 + \\ &+ 0,15 \times 4 + 0,1 \times 5 + 0,05 \times 6 + 0,05 \times 6 = 3,8 \text{ о. ч.} \end{aligned}$$

Для випадку другої програми.

$$\begin{aligned} m_1(\text{tg/інф.крит.}) &= Q_1 \times (t_1 + t_2 + t_4) + Q_2 \times (t_1 + t_2 + t_4) + Q_3 \times (t_3 + t_8 + t_7 + t_5 + t_2 + t_4) + \\ &+ Q_4 \times (t_4) + Q_5 \times (t_5 + t_2 + t_4) + Q_6 \times (t_6 + t_{10} + t_8 + t_7 + t_5 + t_2 + t_4) + Q_7 \times (t_7 + t_5 + t_2 + t_4) + \\ &+ Q_8 \times (t_3 + t_8 + t_7 + t_5 + t_2 + t_4) + Q_9 \times (t_9 + t_{10} + t_8 + t_7 + t_5 + t_2 + t_4) + \\ &+ Q_{10} \times (t_6 + t_{10} + t_8 + t_7 + t_5 + t_2 + t_4) + Q_{11} \times (t_9 + t_{10} + t_8 + t_7 + t_5 + t_2 + t_4) = \\ &= 0,05 \times 3 + 0,05 \times 3 + 0,05 \times 6 + 0,05 \times 2 + 0,1 \times 3 + 0,1 \times 7 + 0,15 \times 4 + \\ &+ 0,15 \times 6 + 0,1 \times 7 + 0,05 \times 7 + 0,05 \times 7 = 4,7 \text{ о. ч.} \end{aligned}$$

Оскільки час діагностування системи за допомогою інженерного методу  $T_1 = 3,8$  о. ч. є меншим, ніж час діагностування системи за допомогою методу інформаційного критерію  $T_2 = 4,7$  о. ч., то можна вважати, що інженерний метод є більш доцільним.

## **Висновки до розділу 4**

У четвертому розділі розглянуті питання експлуатації рентгенотелевізійного інтроскопу що рекомендований для використання з ціллю забезпечення авіаційної безпеки. Основна увага приділена розробці програм діагностування обладнання та аналізу й вибору найкращої із них.

Розкрито питання, що до технічних вимог та системи експлуатації рентгенівського інтроскопи, в ході якого наведено основні вимоги і рекомендації що до загальних характеристик і умов експлуатації обладнання, налаштування, пусконаладжувальних робіт, ТО та вимог до обслуговуючого персоналу.

## **РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ**

Забезпечення безпечних та здорових умов праці важливо вирішувати на всіх етапах трудового процесу. Ключовим чинником є правильна оцінка небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Важливо враховувати, що подібні зміни в організмі людини можуть виникати з різних причин, таких як умови праці, фізичне та розумове навантаження, нервово-емоційна напруга або комбінація цих факторів.

Питання охорони праці людини необхідно вирішувати на всіх стадіях трудового процесу незалежно від виду професійної діяльності. Забезпечення безпечних і здорових умов праці в значній мірі залежить від правильної оцінки небезпечних, шкідливих виробничих факторів.

Головним суб'єктом охорони праці є – інспектор служби авіаційної безпеки.

Головні обов'язки та завдання. Здійснює контроль безпеки пасажирів, екіпажу повітряного судна, ручної поклажі, багажу, вантажу, пошти, кур'єрських та термінових відправлень, бортових припасів з використанням фізичних і апаратурних засобів. Виконує аналіз та розпізнавання вмісту ручної поклажі та багажу за допомогою рентгенотелевізійних установок для виявлення заборонених предметів. Здійснює особистий контроль з використанням різних засобів, включаючи ручний металодетектор. При виявленні зброї, вибухових пристроїв та інших небезпечних предметів вживає необхідні заходи та складає відповідні документи.

До роботи в службі безпеки аеропорту залучаються співробітники, які мають досвід роботи в розглядуваній сфері не менше 1 року. Важливо наявність вищої або середньої технічної, військової освіти.

### **5.1 Організація робочого місця інспектора служби авіаційної безпеки**

Робочим місцем суб'єкта є пропускний пункт догляду пасажирів та багажу. Під терміном "робоче місце інспектора" розуміється простір та обладнання, де особа взаємодіє з технічними засобами та проводить свої трудові процеси. Зона робочого

місця інспектора при виконанні обов'язків з контролю пасажирів визначається місцем контрольно-пропускного пункту в аеропорту. До складу обладнання робочого місця інспектора належить: крісло інспектора, рентгенівське обладнання для огляду багажу та особистих речей, системи візуального відеоспостереження, а також стаціонарні та портативні метало детектори з блоком управління (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Зона проведення доглядового контролю

## **5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів впродовж експлуатації технічних засобів САБ**

Згідно із Законом України "Про охорону праці" (постанова Верховної Ради України від 14 жовтня 1992 року № 2695-ХІІ), поняття "охорона праці" визначається як система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини під час виконання роботи.

Основні фактори ризику та негативні впливи на працівників під час трудової діяльності включають:

- Високий рівень авіаційного шуму. Важливо відзначити, що немає ефективних засобів захисту від авіаційного шуму, і необхідність постійного радіообміну тільки підсилює його вплив на організм працівників аеропортів. Регулярний вплив авіаційного шуму перевищує допустимий рівень у 1,3-1,7 рази може спричинити розвиток професійного захворювання, такого як кохлеарний неврит.

Крім того, авіаційний шум може викликати головний біль, порушення сну, підвищення артеріального тиску та інші клінічні прояви, які вважаються неврастенічними, астеничними та вегетативними дисфункціями, що суттєво впливають на професійну працездатність під час польоту.

- Рентгенівське випромінювання. Забезпечення надійного захисту оператора і технічного персоналу від електричного удару і рентгенівського випромінювання є обов'язковим. Конструкція обладнання повинна виключати можливість випадкового доступу до рентгенівської камери під час нормальної роботи і технічного обслуговування.

Роботи з технічного обслуговування, ремонту і налагодження САБ відносяться до категорії робіт з підвищеною небезпекою. Небезпечні фактори під час технічного обслуговування та ремонту рентгенотелевізійного інтроскопічного обладнання включає в себе можливість іонізаційного опромінення працівників; можливість травмування механічними частинами, що обертаються і рухаються; ймовірність ураження електричним струмом. До роботи та експлуатації САБ можуть бути допущені працівники, віком від 18 років, що пройшли медичне обстеження та не мають протипоказань до роботи з джерелами іонізуючого випромінювання. Крім того працівники САБ в обов'язковому порядку мають пройти відповідне навчання та мати відповідний допуск для технічного обслуговування та проведення налагоджувальних робіт, що відповідає вимогам «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14.01.98 р., НРБУ — 97, «Обладнання безпеки. Установки рентгенотелевізійні спеціальні. Технічні вимоги» ГСУ 80 від 03.05.95 р., галузевий стандарт ГСТУ 54.001-95. Обладнання безпеки. Установки рентгенотелевізійні спеціальні. Технічні вимоги, державний стандарт ДСТУ 7587 :

2014. Авіаційна безпека. Рентгенотелевізійні установки. Загальні технічні вимоги, та інші., знати технічні правила експлуатації та правила техніки безпеки при роботі з електроустановками, технічну документацію та чітко дотримуватись вимог з експлуатації обладнання САБ.

Щорічно всі засоби САБ підлягають обов'язковому огляду та випробуванням, виміру потужності доз рентгенівського випромінювання за участю станцій санітарного контролю.

На робочому місці відповідального за експлуатацію САБ має знаходитись наступна документація:

- санітарний паспорт для кожного джерела іонізуючого випромінювання;
- акти проведення поточного дозиметричного контролю;
- технічну документацію та інструкції по експлуатації; інструкція по охороні праці та радіаційній безпеці.

Максимальне значення потужності експоненційної дози впливу не повинна перевищувати значення 0,36 мкР/год.

Рентгенівське обладнання повинно мати ефективний захист від випромінювання, і рівень зовнішнього випромінювання не повинен перевищувати 0,5 мР/г на відстані 50 мм від будь-якої точки поверхні обладнання.

### **5.3 Розрахунок радіаційного захисту**

Рентгенівське обладнання повинне бути безпечним в експлуатації. Має забезпечуватися певний захист оператора і технічного персоналу від електричного удару і рентгенівського випромінювання. Конструкція обладнання має виключати можливість випадкового доступу до рентгенівської камери під час нормальної роботи і ТО.

Рентгенівське обладнання повинне мати надійний захист від випромінювання. Рівень зовнішнього випромінювання не повинен перевищувати 0,5 мР/г на відстані 50 мм від будь-якої точки поверхні рентгенівського обладнання. Щодо заходів з охорони праці рентгенівське обладнання повинне забезпечувати вимоги



Міжнародної комісії з радіологічного захисту (ICR) і/або інших міжнародновизнаних стандартів.

Розрахунок радіаційного захисту заснований на визначенні кратності ослаблення до потужності поглиненої дози рентгенівського випромінювання в повітрі в даній точці за відсутності захисту  $D_0$  до значення допустимої потужності поглиненої дози ДПД в повітрі:

$$K = \frac{D_0}{\text{ДПД}} = \frac{10^3 \times H \times W \times N}{30 \times r^2 \times \text{ДПД}},$$

де  $10^3$  – коефіцієнт переведення мГр в мкГр;  $H$  – радіаційний вихід мГр\*81в.м / (мА\*81в.);  $W$  – робоче навантаження рентгенівського апарата, (мА\*81в.)/тиж;  $N$  – коефіцієнт спрямованості випромінювання, відн. Од.;  $30$  – тривалість роботи рентгенівського апарату на тиждень (30-годинний робочий тиждень), год/81в.81.;  $r$  – відстань від фокуса рентгенівської трубки до точки розрахунку, м.

Показник значення радіаційного виходу  $H$  береться з технічної документації для конкретного рентгенівського випромінювача.

Значення робочого навантаження розраховується на основі регламентованого часу проведення опромінення при стандартизованих значеннях анодної напруги  $W=2000$  (мА\*81в.)/тиж.

Коефіцієнт спрямованості  $N$  враховує імовірність направлення первинного рентгенівського променя. У всіх напрямках, куди проходить розсіяне рентгенівське випромінювання, значення  $N$  приймають рівним 0,05.

Регламентовані рівні ДПД при проектуванні стаціонарного захисту для різних приміщень вказано у СанПіН 2.6.1.802-99 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов». Для приміщення, в якому знаходиться рентгенотелевізійний інтроскоп для догляду багажу ДПД=13 мкГр/год.

Відстань  $r$  від фокуса рентгенівської трубки до точки вимірювання рівня випромінювання за захистом визначається за проектною документацією.

Розрахунок радіаційного захисту приміщення:

$$K = \frac{10^3 \times 9 \times 2000 \times 0,05}{30 \times 1,5^2 \times 13} = 1025 \text{ ум.од}$$

На підставі отриманого розрахункового значення кратності згасання визначають необхідне значення свинцевого еквівалента нерухомого захисного елемента. У таблиці 2 Додатка 7 СанПіН 2.6.1.802-99 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов» представлені значення свинцевих еквівалентів у залежності від значень кратності ослаблення  $K$  в діапазоні напруг на рентгенівській трубці від 50 до 250 кВ. Для  $K=1025$  ум.од. при значенні напруги на аноді рівною 100 кВ товщина захисного свинцевого захисту має становити 1,5 мм.

#### **5.4 Пожежна безпека**

У відповідності до НАПБ Б.03.002-2007 "Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою" приміщення в якому працює інспектор з контролю пасажирів відноситься до категорії "Д" - Негорючі речовини та матеріали в холодному стані.

Згідно до вимог ДСТУ 12.1.004 -91 організаційно-технічні заходи забезпечення пожежної безпеки мають включати в себе наступні пункти:

1. організацію та проведення навчань з правил пожежної безпеки серед працюючих робітників;
2. матеріали, що використовуються в приміщеннях доглядового контролю, мають бути негорючими, які під впливом вогню або високої не тліють та не обвуглюються;
3. прокладка кабелів у місцях оздоблених не горючими матеріалами
4. доглядове обладнання має містити аварійні світлові сигнали.

У разі виникнення пожежі співробітники повинен негайно покинути приміщення через аварійні виходи, що зазначені на плані евакуації.

## **Висновки до розділу з охорони праці**

В результаті проведеного аналізу було виявлено наступні шкідливі фактори:

- Високий рівень шумів;
- Високий рівень рентгенівського випромінювання.

Для подолання цих негативних факторів були висунуті пропозиції щодо поліпшення умов праці. Наприклад, запропоновано використовувати спеціальні захисні костюми для інспекторів, які працюють з рентгенівським обладнанням. Також рекомендується проводити регулярні та своєчасні навчання та інструктажі з техніки безпеки при роботі з технічними засобами. Важливим є організація правильного режиму відпочинку.

Проведено розрахунок радіаційного захисту, що є найбільш доцільним для захисту людини, яка працює з рентгенологічним доглядовим обладнанням САБ.

Крім того, висунуті пропозиції щодо забезпечення пожежної безпеки. Вказано на використання системи пожежної сигналізації СПС-БГО з різними видами датчиків, а також заходи, спрямовані на підвищення рівня безпеки та зменшення ризику виникнення пожежі.

## **РОЗДІЛ 6.**

### **ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

#### **6.1 Електромагнітне випромінювання та його вплив на організм**

Електромагнітне випромінювання (ЕМВ) представляє собою взаємопов'язані коливання електричного і магнітного полів, утворюючи електромагнітне поле. Поширення випромінювання відбувається за рахунок електромагнітних хвиль. ЕМВ може бути розглянуто як потік фотонів, але це може бути розглянуто як неперервний процес лише при великій їх кількості.

Передача радіохвиль від має негативні наслідки не лише для особи, яка користується радіозв'язком, але й для навколишнього середовища, оскільки хвилі високої частоти є шкідливими.

Останнім часом спостерігається значне погіршення екологічної ситуації та експоненційний приріст різних електротехнічних пристроїв, що значно збільшує навантаження на біосферу з боку неіонізуючих полів та випромінювань природного та антропогенного походження.

Проблема "електромагнітної сумісності" природи та джерел ЕМВ стає все більш актуальною. Дія слабких доз радіочастотного та мікрохвильового випромінювання, що утворюється лініями електропередач, різноманітними телекомунікаційними та побутовими пристроями, є причиною виникнення багатьох захворювань організмів флори та фауни шляхом зміни стійкості до стресових чинників зовнішнього середовища. Так як живий організм є відкритою системою, який взаємодіє з зовнішніми, по відношенню до самої біологічної системи, електромагнітними полями і випромінюванням.

На сьогоднішній день електромагнітне опромінення в 100 мільйонів разів перевищує те, що було якихось 10-20 років тому.

Епідеміологи виявили, що ракові пухлини частіше зустрічаються серед людей, що проживають в безпосередній близькості від джерел сильних електромагнітних

полів, таких, наприклад, як високовольтні лінії електропередачі. Доведено й той факт, що дія електромагнітних полів впливає на вироблення шишкоподібної залозою мелатоніну, - гормону імунної системи.

Механізми біологічної дії електромагнітного поля. Припускається, що під впливом електромагнітного поля стає можливою зміна швидкості перебігу процесу дифузії через біологічні мембрани, а також стан електронної структури вільних радикалів. Схоже, що механізми біологічного впливу електромагнітного поля, в основному, мають неспецифічний характер і пов'язані із зміною активності регуляторних систем організму.

Експериментальні дані свідчать про високу біологічну активність ЕМП в усіх частотних діапазонах. В разі дії високих рівнів чітко вираженим є тепловим ефект впливу. В разі впливу відносно низького рівня ЕМП (наприклад, для радіочастот вище 300 МГц це менше 1 мВт / см<sup>2</sup>) відбувається інформаційний характер впливу, але на сьогоднішній день механізми цього впливу маловивчені та привертають увагу багатьох науковців.

Вплив електромагнітного випромінювання на хімічні реакції. В ході багаторічних досліджень, було встановлено той факт, що швидкість перебігу реакції в колоїдних системах в значній мірі залежить від рівня сонячної активності та положення відносно геомагнітних полюсів. Саме цим пояснюється зміна властивостей води під впливом електромагнітного поля, яка є загальним компонентом реакцій у живих та неживих об'єктах.

Вплив електромагнітного поля на клітину. Відомо, що кліткові мембрани виявляють велику чутливість до різних хімічних і фізичних агентів, зокрема до опромінення. Морфологічні і функціональні порушення мембран спостерігаються майже негайно після опромінення, навіть при дуже малих дозах. В результаті відбуваються зміна іонного складу, що виникає внаслідок цього, може спричинити запуск проліферативних процесів у клітині. Крім того, під впливом електромагнітного випромінювання відбувається активація перекисного окислення ненасичених жирних кислот і фосфорилування в мітохондріях.

Вплив електромагнітного поля на нервову систему. Проблеми впливу електромагнітних і магнітних полів на ЦНС були вивчені, і встановлено, що електромагнітне поле має прямий вплив на мозок, пам'ять та умовно-рефлекторну діяльність. В експериментах було продемонстровано можливість впливу слабких електромагнітних полів на процеси синтезу в нервових клітинах. Зафіксовані виразні зміни імпульсації коркових нейронів, які призводять до порушень передачі інформації в більш складні структури мозку. Дослідження доводять, що дія електромагнітного поля в надвисокочастотному діапазоні може призвести до порушень короткочасної пам'яті.

Вплив електромагнітного випромінювання на імунну систему. Було виявлено той факт, що під впливом електромагнітного поля відбуваються зміни у характері інфекційного процесу, відзначаються порушення у білковому обміні, спостерігається зниження вмісту альбумінів і підвищення гаммаглобулінів в крові. Електромагнітне поле може виступати як алерген або прововуючий фактор, викликаючи серйозні реакції у хворих на алергію.

Вплив на статеву функцію. Порушення в роботі статевої функції як правило пов'язані зі змінами в регуляції нервової та нейроендокринної систем. Отримані результати експериментальних досліджень активності гіпофіза під впливом електромагнітних полів свідчать про зниження активності гіпофіза при багаторазовому опроміненні ЕМП. Існує гіпотеза про можливу специфічну дію ЕМП на статеву функцію жінок та подальший перебіг розвитку ембріона..

Біологічний ефект ЕМП за умови тривалого впливу має властивість акумулюватися, як наслідок це може призвести до розвитку віддалених наслідків, в тому числі дегенеративні процеси центральної нервової системи, рак крові, гормональні захворювання.

Електромагнітні поля становлять найбільшу небезпеку для дітей, вагітних (ембріон), людей із захворюваннями ЦНС, серцево-судинної системи, алергіків і людей з ослабленим імунітетом.

## 6.2 Засоби захисту від електромагнітного випромінювання

З метою забезпечення ефективного захисту людини від негативного впливу електромагнітних полів впроваджено нормативи та стандарти. Слід відзначити, що будь-які запроваджені норми і стандарти, які мають на меті захистити людину від впливу шкідливих факторів, є компромісом між перевагами використання нових технологій та існуючим ризиком, що спричинений їх використанням.

ДСТУ "Електромагнітні поля радіочастот" охоплює діапазон з частотами від 60 кГц до 300 МГц. Він встановлює, що оцінка електромагнітного поля в діапазоні 60 кГц - 300 МГц відбувається окремо для електричних і магнітних компонентів поля. Граничні допустимі рівні протягом робочого дня за електричною компонентою не мають перевищувати значення у 50 В/м, зменшуючись ступенями 5 В/м на міру підвищення частоти. За магнітною компонентою встановлені рівні тільки для окремих діапазонів: 5 А/м для частот 60 кГц - 1.5 МГц та 0.3 А для частот 30 - 50 МГц. Допустимим є перевищення цих стандартів, але не більше чим у два рази, за умови скорочення робочої зміни не менше ніж на 50%.

Для діапазону частот 300 МГц - 30 ГГц допустимі показники щільності визначаються як результат поділу нормованої величини енергетичного навантаження за робочий день на годину впливу. Сумарне енергетичне навантаження на людину протягом робочого дня не повинно перевищувати 200 мкВтЧ/см<sup>2</sup>. Тому можемо зазначити, що електромагнітні поля в значній мірі негативно впливають майже на всі системи людського організму. Саме тому питання захисту від їх впливу настільки актуальне на сьогоднішній день.

Найпоширенішими з таких методів є :

- зниження щільності потоку енергії, в тому випадку якщо це дозволяє обладнання та технологічний процес;
- при розміщенні електричних приладів необхідно дотримуватись певної дистанції між ними та мінімізувати кількість таких приладів в зоні відпочинку;
- забезпечити якісне освітлення робочого місця при роботі на комп'ютері чи з цифровим дисплеєм інтроскопу;

- час від часу робити перерви в роботі для відпочинку;
- обмеження часу знаходження у зоні джерела ЕМП;
- захист відстанню;
- забезпечити екранування робочого місця чи джерела випромінювання;
- застосовувати прилади з меншою потужністю, якщо це можливо;
- раціональне планування робочого місця;
- використання засобів індивідуального захисту.

Необхідно боротися із впливом електромагнітних полів на живі організми і людей за рахунок використання різноманітних технічних рішень, здатних певним чином і з певною ефективністю модифікувати власний "інформаційно-хвильовий" статус організму до зовнішніх збурень.

В наш час на ринку представлені різні типи таких пристроїв. Усі їх можна класифікувати наступним чином:

- поглинаючі матеріали (синтетичні плівки, віск, папір і т.д.);
- відбивні матеріали (металева фольга, ізолюючі підкладки з синтетичних матеріалів);
- захисний одяг (із тканин з включенням до них металевих ниток);
- провідники різних форм із властивостями антен;
- дифракційні решітки різних типів;
- пристрої, що відхиляють електромагнітні хвилі (металеві вироби без покриттів та в ізоляторах);
- різні резонатори (спіралі, конуси, піраміди);
- генератори електромагнітних імпульсів.

Велика частина таких пристроїв це просто пасивні перевипромінювачі або модулятори існуючого впливу, використовують ті чи інші принципи, а саме:

- форму: різні дифракційні решітки та спіралі, аплікатори Айрес, Гамма-7Н, піраміди, Нейтронік;
- набори мікроелементів: різні таблетки, Гамма-7А;
- кристали: різні кристалічні гармонізатори, втім, дуже схожі на супертаблетки.



Вони також мають якийсь вплив на організм людини, правда, рівень впливу у пасивних пристроїв зазвичай на багато порядків нижче впливу активних (прилади серії «Альфа» / «Астра»). Вартість пігулок зазвичай коливається в діапазоні від 20 до 200 доларів.

Необхідно зазначити, що духовне очищення, медитації також сприяють посиленню власного біополевого статусу організму та зміцненню імунітету, це теж можна віднести до методів самозахисту від шкідливих полів і випромінювань.

Для зменшення впливу електромагнітних полів на персонал, який знаходиться у зоні дії деяких радіоелектронних засобів необхідним є ряд захисних заходів: організаційні, інженерно-технічні та лікувально-профілактичні.

Слід сказати, що ще на етапі проектування взаємне розміщення об'єктів має бути забезпечено таким чином, щоб інтенсивність опромінення була мінімальною. Також треба заздалегідь попідкуватися про зменшення часу перебування персоналу у зоні опромінення. Потужність джерел випромінювання повинна бути найменшою з можливих.

Отож є досить багато методів захисту свого здоров'я від небезпеки на робочому місці з підвищеним електромагнітним фоном. Крім того треба вимагати від керуючих органів дотримування державних стандартів України та не порушувати їх норм.

### **6.3. Рекомендації щодо зменшення впливу електромагнітного випромінювання на живі організми**

У випадку перевищення характеристик електромагнітного випромінювання (ЕМВ) нормативними вимогами, застосовують різні заходи для захисту персоналу. Вибір конкретного методу захисту залежить від робочого діапазону частот, характеру виконуваних робіт, умов опромінення, параметрів ЕМВ і необхідного рівня захисту [19]. Рекомендації щодо зменшення впливу ЕМВ на живі організми включають такі аспекти:

– зменшення потужності випромінювання в джерелі: Це досягається раціональним вибором генератора, застосуванням узгоджених навантажень і спеціальних пристроїв, таких як поглиначі потужності, що використовуються як навантаження для генераторів.

– захист відстанню: У випадках, коли неможливо зменшити інтенсивність опромінення, використовують захист відстанню шляхом механізації та автоматизації виробничих процесів, дистанційного управління та спеціальних маніпуляторів.

– архітектурно-планувальні рішення: Установки з великою потужністю рекомендується розміщувати в спеціально виділених приміщеннях з капітальними стінами та перекриттями, покритими матеріалами, що поглинають ЕМП, наприклад, цеглою чи шлакобетоном.

– екранування джерел випромінювання та робочих місць: Екранування є ефективним засобом захисту від ЕМВ.

– установа раціональних режимів роботи: Якщо неможливо знизити інтенсивність опромінення, застосовують захист часом, обмежуючи час перебування персоналу в ЕМП.

– застосування індивідуальних засобів захисту. Організаційні заходи: Регулярний дозиметричний контроль та медичні огляди робітників, які працюють із джерелами ЕМВ, а також надання додаткової відпустки та скорочення робочого дня. Крім того, існують прилади захисту від електромагнітного випромінювання, які ефективно гасять не лише електромагнітні випромінювання комп'ютера, але і інших видів побутової техніки.

### **Висновки до розділу з охорони навколишнього середовища**

Електромагнітне випромінювання – взаємопов'язані коливання електричного і магнітного полів, що утворюють електромагнітне поле.

Основними параметрами, що характеризують електромагнітне випромінювання, є: частота, довжина хвилі і швидкість поширення.

Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, режиму його генерації (імпульсна, безперервна), тривалості впливу. Біологічне вплив полів різних діапазонів неоднакова, чим коротше довжина хвилі, тим більшою енергією вона володіє.

Люди, що працюють під надмірним електромагнітним випромінюванням, звичайно швидко стомлюються, скаржаться на головні болі, загальну слабкість, болі в області серця. У них збільшується пітливість, підвищується дратівливість, стає тривожним сон. В окремих осіб при тривалому опроміненні з'являються судоми, спостерігається зниження пам'яті, відзначаються трофічні явища (випадання волосся, ламкість нігтів і тощо).

У зв'язку зі стрімким зростанням числа технологій і приладів уникнути впливу ЕМП в сучасному світі практично неможливо. Тому різні організації як державні, так і міжнародні розробили безліч стандартів і вимог для запобігання якого б то не було впливу електромагнітного поля на людину і, майже вся продавана техніка, відповідає цим вимогам.

## ВИСНОВКИ

Дипломна робота присвячена комплексному підходу в вивченні питань, системи експлуатації доглядового обладнання, що використовується для забезпечення безпеки аеропортів цивільної авіації. Для досягнення мети проведено детальний огляд літературних джерел, відповідно до яких був проведений аналіз загальних принципів забезпечення авіаційної безпеки в частині нормативної бази, технічних засобів та вимог до персоналу обслуговуючого персоналу що здійснює перевірку пасажирів та багажу на предмет наявності небезпечних предметів, зброї, вибухівки а також речовин, які можуть нести загрозу життю для інших пасажирів.

Розглянуто принципи роботи, структурні схеми та функції засобів доглядового контролю САБ, на основі чого було запропоновану їхню класифікацію. Визначено головні принципи побудови сучасних рентгенівських інтроскопів за одно канальним, багатоканальним та за принципом системи HI-SCAN та металодетекторів. На основі проведеного аналізу розроблений проект структурної схеми блоку обробки сигналів та наведено принципи формування й фільтрації зображень внутрішньої структури ОК.

Розглядаючи питання експлуатації доглядової техніки САБ розроблені програми діагностування для пошуку несправностей на основі інженерного методу та методу інформаційного критерію. Проведений розрахунок показав, що за критерієм мінімальної тривалості діагностування кращім є інженерний метод.

В роботі містяться норми й рекомендації що до проведення ремонту, питань охорони праці й безпеки навколишнього середовища при використанні рентгенівського обладнання для догляду багажу.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ємченко І.В., Закусілов А. П. М 54 Методи і технічні засоби митного контролю. Підручник. К.:Центр учбової літератури, 2007. – 432 с
2. Ємченко І.В. Митна справа. Навчальний посібник для студентів кооперативних вищих навчальних закладів. – К.НМЦ «Укоопосвіта», 2001 р. – 472 с
3. Крикун О.О., Щербань В.А., Ковальов М.В. Посібник з питань організації боротьби з контрабандою наркотичних засобів, психотропних речовин та прекурсорів. – К.: Державна митна служба України, 1998 – 153 с.
4. Семенов А.А. Технічні засоби служби авіаційної безпеки: конспект лекцій. – 3-я редакція виправлена та додана. – Київ: кафедра АРЕК Інституту аеронавігації НАУ, 2011. – 240 с
5. Про затвердження Авіаційних правил України «Правила охорони повітряних суден та інших важливих об'єктів цивільної авіації, забезпечення контролю доступу до них» 07.08.2019 № 1017 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0991-19#Text>
6. Бордунов В.Д., Міжнародне повітряне право. Навчальний посібник. - М.: НОУ ВКШ «Авіабізнес»; вид-во «Наукова книга». - 464 с.
7. *Annex 17 SARP 4.5.* Приложение 17 к Конвенции о международной гражданской авиации, принятой в Чикаго. - Монреаль
8. Семенов, О. О. та ін. [М. Ю. Заліський., О. О. Семенов, О. В. Соломенцев, Л. Ю. Терещенко, Ю. М. Хмелько] Технічні засоби служби авіаційної безпеки: Навч. посібник. — К.: Вид-во НАУ, 2016. — 122 с.
9. Терещенко Л. Ю. Метод отримання тіньових зображень об'єктів контролю для телеметричних доглядових систем. *Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.* НАУ, Київ 2017 р
10. Семенов А.А. С302 Експлуатація технічних засобів служби авіаційної безпеки: Консп. лекцій. – К.: НАУ, 2005. –122 с.
11. Ємченко І.В., Закусілова А.П. Методи і технічні засоби митного контролю. Підручник. – К.: ЦУЛ, 2007. – 432 с.

12. М.М. Проценко,. Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету «МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ВИГЛЯДІ 2D-ПОСЛІДОВНОСТІ»Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. –271 с.

13. M Zaliskyi, S Migel, A Osipchuk, D Bakhtiiarov «Correlation Method of Dangerous Objects Detection for Aviation Security Systems» - Human factors, 2023 <https://ceur-ws.org/Vol-3421/paper1.pdf>

14. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : затвер. Мін. охор. здоров'я України. – Київ, МОЗ, 1997. – 127 с.

15. Методичні вказівки до виконання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах і роботах. Для студентів всіх спеціальностей освітньо-кваліфікаційних рівнів «спеціаліст» та «магістр». /Укладачі:О.І Запорожець, А. В. Русаловський. – К.: НАУ, 2006. - 15с.

16. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы».

17. ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86 та «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

18. СНіП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».

19. Ісаєнко В.М., Криворотько В.М., Франчук Г.М., Екологія та охорона навколишнього середовища. Дипломне проектування: Навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 192 с.

20. Гайворонський В.А., Карпенко І.М., Охорона навколишнього середовища. – Київ: Софія, 2006 – 312 с.