

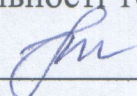
Вінницький національний технічний університет  
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем  
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**


на тему:

**Дослідження та розробка пристрою для біометричної ідентифікації за  
венозним рисунком долоні**

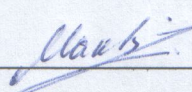
Виконав: студент 2-го курсу, гр. БМІ-21м  
спеціальності 163 Біомедична інженерія

 Кича Т.А.

Керівник: к. т. н., доц., зав. каф. БМІОЕС


 Коваль Л.Г.

Опонент: ст.викл. каф. ІКСТ

 Макогон В.І.

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри БМІОЕС

 к. т. н., доц. Коваль Л. Г.

«15» 12 2022 р.

Вінниця ВНТУ – 2022 рік



Вінницький національний технічний університет  
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем  
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія  
Спеціальність 163 Біомедична інженерія  
Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри БМІОЕС

 Л. Г. Коваль

« 15 » 12 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу  
студенту Кичі Тамарі Анатоліївній. БМІ-21м

1. Тема МКР «Дослідження та розробка пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні»

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Коваль Л.Г., к.техн. наук, доцент затверджені наказом вищого навчального закладу від "14" вересня 2022 року № 203.

2. Строк подання студентом роботи до 15.12. 2022 року

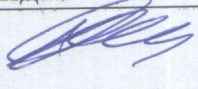
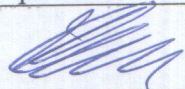
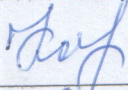
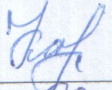


3. Вихідні дані до роботи: напруга живлення 12В; тип виконання – портативний, наявність мікроконтролерного блоку, можливість підключення програмуючого пристрою, наявність індикатора, довготривалий режим роботи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: техніко-економічне обґрунтування пристрою для біометричної ідентифікації; огляд існуючих алгоритмів і методів для біометричної ідентифікації, дослідження алгоритмів обробки образів для біометричної ідентифікації; конструкторський розділ; економічний розділ; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу: структурна схема пристрою; схема електрична принципова; топологічне креслення плати; складальне креслення плати; складальне креслення приладу; моделювання роботи схеми.



## 6. Консультанти розділів роботи

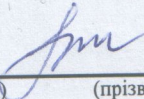
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Коваль Л.Г. к. т. н., доц. каф. БМІОЕС		
Економічна частина	Кавецький В. В. доцент. каф. ЕП та ВМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С.В. к. п. н., проф. каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 15.09.2022р.


## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Прим.
Розробка технічного завдання	до 20.10.2022	
Техніко-економічний аналіз завдання, економічного середовища, обґрунтування вихідних даних та оптимального варіанту розробки	01.11.2022	
Розв'язання основної задачі	15.11.2022	
Розробка заходів з охорони праці	20.11.2022	
Розрахунок техніко-економічних показників	25.11.2022	
Оформлення графічної частини та пояснювальної записки	01.12.2022	
Попередній захист	15.12.2022	

Студент

 Кича Т.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

 Коваль Л.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

Кича Т. А. Дослідження та розробка пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні : магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 163 Біомедична інженерія, освітньо-професійна програма «Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії». Вінниця : ВНТУ, 2022. 117 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 31 найм.; 6 рис.; 22 табл.

В роботі розглянуто алгоритми і методи проведення біометричної ідентифікації та розроблено лабораторний пристрій для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні. В техніко-економічному обґрунтуванні доведена доцільність проектування з економічної точки зору. Результати моделювання пристрою в Orcad 9.2 підтвердили теоретичні очікування. В економічній частині показаний економічний ефект від даної розробки. Розглянуті питання безпеки життєдіяльності при виробництві пристрою. Визначені межі стійкості пристрою в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань.

Графічна частина складається з 5 плакатів.

Ключові слова: біометрична ідентифікація, рисунок вен долоні, діагностична техніка, біомедична інженерія.

## ABSTRACT

Kycha T. A. Research and development of a device for biometric identification based on the vein pattern of the palm : master's thesis in specialty 163 Biomedical engineering, education programme «Intelligent artificial implants and medical devices in bioengineering». Vinnytsia : VNTU, 2022. 117 p.

In Ukrainian. Refs.: 31 titles.; 6 figs.; 22 tables.

Algorithms and methods of biometric identification are considered in the paper, and a laboratory device for biometric identification based on the vein pattern of the palm is developed. The feasibility of the design from an economic point of view is proven in the technical and economic justification. The results of the device simulation in Orcad 9.2 confirmed the theoretical expectations. The economic part shows the economic effect of this development. Considered issues of life safety during the production of the device. The stability limits of the device under the conditions of action of ionizing and electromagnetic radiation are determined.

The graphic part consists of 5 posters.

Key words: biometric identification, pattern of palm veins, diagnostic technique, biomedical engineering.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ АЛГОРИТМІВ І МЕТОДІВ ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ.....	10
1.1 Актуальні проблеми ідентифікації і автентифікації особистості. ....	10
1.2 Основні характеристики біометричних ідентифікаційних систем. ....	12
1.3 Методи біометричної ідентифікації .....	14
1.3.1 Біометрична ідентифікація за відбитками пальців .....	15
1.3.2 Біометрична ідентифікація за райдужною оболонкою ока .....	17
1.3.3 Біометрична ідентифікація за геометрією обличчя .....	18
1.3.4 Біометрична ідентифікація за геометрією кисті руки .....	23
1.3.5 Біометрична ідентифікація за венозним малюнком руки .....	23
1.3.6 Біометрична ідентифікація за сітківкою ока .....	25
1.3.7 Біометрична ідентифікація за голосом .....	28
1.3.8 Біометрична ідентифікація за набором на клавіатурі .....	28
1.3.9 Біометрична ідентифікація за підписом .....	31
1.3.10 Нові методи біометричної ідентифікації .....	33
1.4 Інтеграція різних технологій.....	35
1.5 Принципи комбінування інформації при інтеграції .....	36
1.6 Шляхи підвищення точності систем біометричної ідентифікації.....	40
2 ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ОБРАЗІВ ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ.....	44
2.1 Ознаки відбитка вен для порівняння зі зразком .....	44
2.2 Класичні алгоритми і помилки алгоритмів .....	46
2.2.1 Алгоритм розпізнавання малюнка вен долоні за ключовими точками .....	46

2.2.2 Алгоритм генерації штучних рисунків вен долоні на основі моделі Шерлока і Монро із застосуванням фільтра Габора .....	52
2.2.3 Алгоритм Карунена-Лоева .....	53
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	58
3.1 Аналіз вимог технічного завдання .....	58
3.2 Аналіз структурної схеми.....	58
3.3 Аналіз схеми електричної принципової .....	59
3.4 Аналіз елементної бази пристрою .....	59
3.5 Компонування пристрою.....	61
3.6 Розробка різних варіантів конструкції.....	63
3.7 Визначення розмірів і маси конструкції .....	64
3.8 Вибір оптимального варіанту конструкції .....	67
3.9 Вибір типу друкованої плати .....	68
3.10 Вибір і обґрунтування класу точності друкованої плати.....	69
3.11 Вибір матеріалу друкованої плати .....	69
3.12 Вибір методу проектування друкованої плати.....	70
3.13 Розрахунок діаметрів контактних площадок .....	71
3.14 Розрахунок ширини друкованих провідників .....	72
3.15 Вибір розрахунок плати.....	74
3.16 Розрахунок на завадостійкість .....	76
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	78
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	78
4.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	85
4.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування.....	89

	5
4.4 Виявлення основних конкурентів і опис їх товарів.....	90
4.5 Обрання методу ціноутворення.....	91
4.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	68
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	93
5.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці.....	93
5.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони .....	93
5.1.2 Виробниче освітлення.....	94
5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання.....	95
5.1.4 Виробничі випромінювання.....	99
5.2 Промислова та пожежна безпека при проведенні розробки наркозно- дихального апарату .....	99
5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць .....	100
5.2.2 Електробезпека.....	100
5.2.3 Пожежна безпека.....	101
ВИСНОВКИ .....	104
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	105
ДОДАТКИ.....	109



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Біометрія є прикладною галуззю знань, що використовується при створенні різних автоматичних систем розмежування доступу. У біометрії використовуються унікальні ознаки, властиві кожній окремій людині (капілярний рисунок пальця, форма кисті руки, рисунок райдужної оболонки ока, параметри голосу, риси обличчя, термограма особи, схема кровоносних судин, форма і спосіб підпису, фрагменти генетичного коду та ін.) і невіддільна від нього. Біометрична ідентифікація є додатковим рівнем захисту, так як біометричні дані людини складно підробити. Так само біометричні дані незмінні і унікальні для кожної людини, що є їхньою перевагою. Основна перевага аутентифікації по біометричним параметрам очевидна: дані неможливо забути, втратити, передати іншій людині або вкрати, відтворити в повному обсязі.

Для біометричних методів ідентифікації і аутентифікації використовуються статистичні та динамічні характеристики особистості. Біометричними характеристиками людини можуть бути голос, обличчя, структура ДНК, відбитки пальців, контур долоні, рисунок вен руки, сітківка ока, особливо підпис, ходи та інші. Класифікація біометричних методів за принципом дії. Методи біометричної аутентифікації діляться на два класи: статистична і динамічна. Статистична аутентифікація включає методи, засновані на вивченні і аналізі характеристик, не змінних з плином усього життя людини, таких як відбиток пальця, рисунок райдужної оболонки ока, будова ДНК і інші. Динамічні методи побудовані на аналізі тих характеристик людини, які можуть змінитися з плином часу, такі як хода, почерк або характер набору на клавіатурі.

**Метою** магістерської кваліфікаційної роботи: є розробка пристрою для біометричної ідентифікації, а також алгоритму цифрової обробки образів біометричної ідентифікації, що володіє перевагами в порівнянні з існуючими алгоритмами.

**Завданням** магістерської кваліфікаційної роботи: розробка пристрою для біометричної ідентифікації; дослідження математичних методів і алгоритмів обробки зображень для біометричної ідентифікації; математична постановка задачі; вибір раціонального алгоритму з умови забезпечення якості фільтрації і збереження ключової інформації; програмна реалізація обраного алгоритму обробки біометричних образів, обробка результатів чисельного експерименту; обґрунтування економічної доцільності роботи.

**Об'єкт** магістерської кваліфікаційної роботи: алгоритми обробки образів для біометричної ідентифікації

**Предмет** магістерської кваліфікаційної роботи: пристрій для біометричної ідентифікації.

**Методи дослідження** У процесі дослідження застосовувалися такі методи: метод просторової фільтрації образу; Метод порівняння відбитків по ключових точках.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

1. Проведено аналіз методу просторової фільтрації образу, що полягає в реалізації фізичного процесу поглинання і відбиття світла.
2. Проведено підбір параметрів алгоритму рішення поставленої математичної задачі
3. Розробка загальної структури програмного забезпечення біометричної ідентифікації
4. Запропоновано конструкцію пристрою для біометричної ідентифікації, який забезпечив оптимальне співвідношення показників функціонального призначення і надійності роботи пристрою відносно його вартості та інших економічних показників.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в:

- розробленні конструкції пристрою для біометричної ідентифікації.
- розробленні структурної схеми та принципової схеми пристрою біометричної ідентифікації особи.

**Достовірність теоретичних положень.** Магістерської кваліфікаційної



роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням алгоритмів та методів під час доведення наукових положень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів, з відомими.

# 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ АЛГОРИТМІВ І МЕТОДІВ ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

## 1.1 Актуальні проблеми ідентифікації і автентифікації особистості

Біометрична ідентифікація – це спосіб ідентифікації особистості за окремими специфічними біометричними ознаками (ідентифікаторами), властивими конкретній людині.

Біометричні технології базуються на біометрії, вимірюванні унікальних характеристик окремо взятої людини. Це можуть бути як унікальні ознаки, отримані нею з народження, наприклад: ДНК, відбитки пальців, райдужна оболонка ока; так і характеристики, придбані згодом або ж здатні змінюватися з віком або в результаті зовнішнього впливу. Наприклад: почерк, голос або хода.

Біометричні технології активно застосовуються в багатьох областях пов'язаних із забезпеченням безпеки доступу до інформації й матеріальним об'єктам, а також у завданнях унікальної ідентифікації особистості. Застосування біометричних технологій різноманітні: доступ до робочих місць і мережних ресурсів, захист інформації, забезпечення доступу до певних ресурсів і безпека. Ведення електронного бізнесу й електронних урядових справ можливе тільки після дотримання певних процедур з ідентифікації особистості. Біометричні технології використовуються в області безпеки банківських обігів, інвестування й інших фінансових переміщень, а також роздрібній торгівлі, охороні правопорядку, питаннях охорони здоров'я, а також у сфері соціальних послуг.

Біометричні технології у швидкому майбутньому будуть відігравати головну роль у питаннях персональної ідентифікації у багатьох сферах. Застосовувані окремо або використовувані спільно зі смарт-картами, ключами й підписами, біометрія незабаром стане застосовуватися у всіх сферах економіки й приватного життя. Крім цих основних секторів застосування в наш час активно використовується біометрія й у деяких інших областях, таких як:



- ігровий бізнес. Біометрія використовується за двома напрямками: перевірка всіх, хто знаходиться в “чорних списках” (аналог масової ідентифікації за обличчям, використовуваній в аеропортах), а також як система ідентифікації й платіжний засіб постійних клієнтів;
- ідентифікація в мобільних пристроях, таких як смартфони, компактні ПК, планшетні комп’ютери тощо;
- у транспортній області як платіжний засіб;
- електронні системи голосування (використовуються замість карток);
- у медицині біометрія використовується для ідентифікації медичних працівників під час отримання доступу до закритих даних і для електронного підпису записів в історії хвороби.

До 11 вересня 2001 р. біометричні системи забезпечення безпеки використовувалися тільки для захисту військових секретів і найважливішої комерційної інформації. Після терористичних актів у Нью-Йорку і Вашингтоні ситуація різко змінилася. Спочатку біометричними системами доступу обладнали аеропорти, великі торгові центри й інші місця скупчення народу.

За останні два десятиліття біометричні технології зробили великий крок уперед. Багато в чому цьому сприяло поширення мікропроцесорних технологій. Ще у 80-і роки систему контролю доступу, що використовує біометричні характеристики людини, можна було побачити лише у фантастичних фільмах. Сьогодні ж використання в системах контролю й управління доступом (СКУД) біометричних сканерів, практично не ускладнює систему безпеки, і їх вартість для деяких біометричних методів дуже низька. Більш того, близько третини ноутбуків та смартфонів виходять зараз із вбудованою системою зчитування відбитка пальців, а якщо в ноутбучі є відеокамера, на нього можна встановити систему розпізнавання людини за обличчям.

## 1.2 Основні характеристики біометричних ідентифікаційних систем

Основними характеристиками будь-якої біометричної ідентифікаційної системи є два числа – FAR (“помилкове схвалення”) і FRR (“помилкова відмова”). Перше число характеризує ймовірність невірної збігу біометричних характеристик двох людей. Друге – ймовірність відмови доступу людині, що має допуск. Система тим краща, чим менше значення FRR за однакових значень FAR. Стійкість до підробки – це емпірична характеристика, що узагальнює те, наскільки легко обдурити біометричний ідентифікатор. Стійкість до докідля – характеристика, що емпірично оцінює стійкість роботи системи за різних зовнішніх умов. Простота використання показує, наскільки складно скористатися біометричним сканером, чи можлива ідентифікація “на ходу”. Важливими характеристиками є і швидкість роботи, і вартість системи. Безсумнівно, істотним є й те, як протягом часу поводить себе біометрична характеристика. Якщо вона нестійка й може змінитися – це значний мінус.

Спрощений алгоритм біометричної ідентифікації особистості поданий на рисунку 1.1

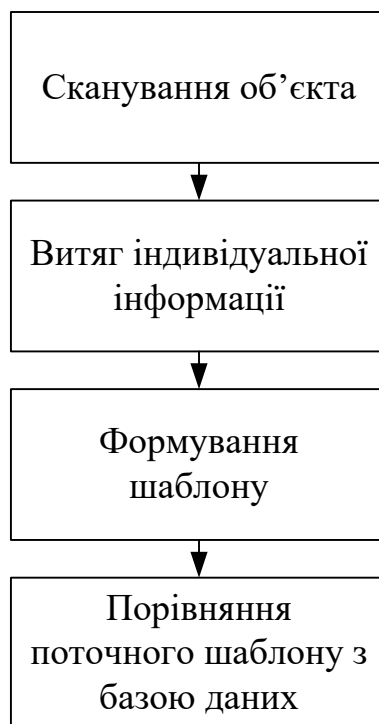


Рисунок 1 – Алгоритм ідентифікації особистості



Важливе зауваження: для біометрії абсолютно неймовірно, щоб зразки і знову отримані характеристики повністю співпали. Це справедливо для всіх біометричних характеристик, включаючи сканування райдужної оболонки або сітківки ока, сканування відбитків пальців чи розпізнавання почерку. Наприклад, пальці руки не можуть бути розміщені завжди в одне і те ж положення, під тим же кутом і з тим же притиском. На почерк впливає як температура довкілля, так і внутрішній стан людини. Таким чином, біометричний процес видає результат із вірогідністю, близькою до 100 % (у разі “співпадіння” особи), і меншою, якщо маємо справу із особою, що має відмінні характеристики зі зразком.

Біометричні ідентифікатори добре працюють лише тоді, коли оператор може перевірити дві речі: по-перше, що біометричні дані отримані від конкретної особи саме під час перевірки, а по-друге, що ці дані співпадають зі зразком, який зберігається в картотеці. Біометричні характеристики є унікальними ідентифікаторами, але питання їх належного зберігання і захисту від перехоплення як і раніше залишається відкритим.

Розглянемо характеристики, які буде мати кожна із систем (зупинимося на тих методах біометричної ідентифікації, які найбільш поширені на практиці): стійкість до підробки, стійкість до довкілля, простота використання, вартість, швидкість, стабільність біометричної ознаки в часі. Чим ближча оцінка до 10, тим краща система в цьому відношенні. Принципи вибору оцінок були описані в [2].

Таблиця 1.1 - Основні характеристики систем біометричної ідентифікації

Метод	Стійкість до підробки	Стійкість до довкілля	Простота використання	Вартість	Швидкість	Стабільність ознаки в часі
Сканування райдужки	10	9	8	7	10	10
Дактилоскопія	6	10	9	10	10	9
Сканування обличчя (2D)	4	6	6	10	10	8
Сканування обличчя (3D)	9	8	10	5	7	10
Сканування вен руки	10	7	9	7	8	7
Сканування сітківки	10	10	6	3	6	9

### 1.3 Методи біометричної ідентифікації

За принципом дії біометричні методи ідентифікації поділяються на статичні (за ознаками, даними людині з народження), динамічні (за ознаками, набутими в процесі існування) та комбіновані (поєднання двох перших).

Фізіологічні (статичні) методи біометричної ідентифікації:

- сканування райдужної оболонки ока;
- сканування сітківки ока;
- геометрія кисті руки (малюнок вен, відбитки пальців – дактилоскопія, розмір, довжина й ширина долонь);
- розпізнавання рис обличчя (контур, форма; розташування очей і носа);
- зняття відбитків пальців;
- структура ДНК-сигнатури.

Поведінкові (динамічні) методи;

- аналіз підпису (форма букв, манера письма, натиск);
- аналіз тембру голосу;
- аналіз клавіатурного почерку.

За технологією реалізації методи ідентифікації особистості бувають: оптоелектронні, напівпровідникові, ультразвукові, піроелектричні, електрооптичні, комбіновані, телевізійні та тепловізійні.

Найбільш поширеними методами біометричної ідентифікації особистості (з аналізу ринку даної галузі електроніки) є сканування райдужної оболонки і сканування відбитків пальців, які разом становлять 2/3 від усього обсягу застосування систем ідентифікації.

Новим напрямком є використання біометричних характеристик в інтелектуальних розрахункових картках, жетонах-пропусках і елементах стільникового зв'язку. Наприклад, під час розрахунків у магазині пред'явник картки кладе палець на сканер на підтвердження, що картка дійсно його.

Переважає більшість людей вважають, що в пам'яті комп'ютера зберігається зразок відбитка пальця, голосу людини або картинка райдужної оболонки його ока. Але насправді в більшості сучасних систем це не так. У

спеціальній базі даних зберігається цифровий код довжиною до 1000 біт, який асоціюється з конкретною людиною, що має право доступу. Сканер або будь-який інший пристрій, використовуваний у системі, зчитує певний біологічний параметр людини. Далі він обробляє отримане зображення або звук, перетворюючи їх на цифровий код. Саме цей ключ і порівнюється із вмістом спеціальної бази даних для ідентифікації особистості.

### 1.3.1 Біометрична ідентифікація за відбитками пальців

Дактилоскопія (розпізнавання відбитків пальців) – найбільш розроблений на сьогоднішній день біометричний метод ідентифікації особистості. Каталізатором розвитку методу послужило його широке використання в криміналістиці ХХ століття. Розпізнавання відбитка пальця базується на аналізі розподілу особливих точок (кінцевих точок і точок розгалуження папілярних ліній), місцеположення яких задається в декартовій системі координат.

Кожна людина має унікальний папілярний візерунок відбитків пальців, завдяки чому й можлива ідентифікація. Зазвичай алгоритми використовують характерні точки на відбитках пальців: закінчення лінії візерунка, розгалуження лінії, одиночні точки. Додатково залучається інформація про морфологічну структуру відбитка пальця: відносне положення замкнених ліній папілярного візерунка, аркових і спіральних ліній. Особливості папілярного візерунка перетворюються в унікальний код, який зберігає інформативність зображення відбитка. І саме “коди відбитків пальців” зберігаються в базі даних, використовуваної для пошуку й порівняння. Час переведення зображення відбитка пальця в код і його ідентифікація зазвичай не перевищують 1 с, залежно від розміру бази. Час, витрачений на піднесення руки, не враховується.

Певним недоліком, що стримує розвиток даного методу, є упередження частини людей, які не бажають залишати інформацію про свої відбитки пальців. Хоча й головним аргументом розробників апаратури є запевнення в тому, що інформація про папілярний візерунок пальця не зберігається – зберігається лише короткий ідентифікаційний код, побудований на базі характерних рис відбитка



пальця. За даним кодом не можна відтворити візерунок і порівняти його з відбитками пальців, залишеними, припустимо, на місці злочину.

Існує два основних алгоритми порівняння отриманого коду з наявним у базі шаблоном: за характерними точками і за рельєфом усєї поверхні пальця. У першому випадку виявляються характерні ділянки й запам'ятовується їх взаємне розташування. У другому випадку запам'ятовується вся “картина” в цілому. У сучасних системах використовується також комбінація обох алгоритмів, що дозволяє підвищити рівень надійності системи.

Хоча малюнок папілярних ліній пальців індивідуальний, використання повного набору їх ознак надмірно ускладнює пристрій ідентифікації. Тому з метою його здешевлення застосовують ознаки, найбільш легко вимірювані автоматом. Розробляють порівняно недорогі пристрої ідентифікації за відбитками пальців, дія яких засновано на вимірі відстані між основними дактилоскопічними ознаками.

Кажучи про надійність процедури ідентифікації за відбитками пальців, необхідно розглянути також питання про можливість їх копіювання й використання іншими особами для отримання несанкціонованого доступу. Як одна з можливостей обману терміналу фахівці називають виготовлення штучної кисті з необхідними відбитками пальців (або вилучення “оригіналу” в законного власника). Але існує і спосіб боротьби з такою фальсифікацією. Для цього до складу термінального обладнання повинні бути включені інфрачервоний детектор, який дозволить зафіксувати теплове випромінювання від руки (або пальця), і (або) фотоплетизмограф, який визначає наявність змін відбиття світла від поверхні потоку крові.

Іншим способом підробки є безпосереднє нанесення папілярного візерунка пальців законного користувача на руки зловмисника за допомогою спеціальних плівок або плівкоутворювальних складів. Однак у цьому випадку необхідно отримати якісні відбитки пальців законного користувача, причому саме тих пальців, які були зареєстровані системою, і саме в певній послідовності (наприклад, якщо система налаштована на перевірку не одного, а двох і більше

пальців по черзі), але ця інформація невідома законному користувачеві і, отже, він не може ввійти в змову з порушником.

Переваги методу:

- 1) висока достовірність (статистичні показники методу вищі за показники способів ідентифікації за обличчям, голосом, підписом);
- 2) низька вартість пристроїв, які сканують зображення відбитка пальця;
- 3) доволі проста процедура сканування відбитка.

Недоліки методу:

- 1) папілярний візерунок відбитка пальця дуже легко пошкоджується дрібними подряпинами, порізами;
- 2) недостатня захищеність від підробки зображення відбитка, почасти викликана широким розповсюдженням методу.

### 1.3.2 Біометрична ідентифікація за райдужною оболонкою ока

Першовідкривачем в області ідентифікації особистості за райдужною оболонкою ока є доктор Джон Даугман. В 1994 р. він запатентував у США метод розпізнавання райдужної оболонки ока. Розроблені ним алгоритми використовуються дотепер.

Райдужна оболонка ока є унікальною характеристикою людини. Малюнок райдужки формується на восьмому місяці внутрішньоутробного розвитку, остаточно стабілізується у віці близько двох років і практично не змінюється протягом життя, окрім як в результаті сильних травм або різких патологій. Метод є одним з найточніших серед біометричних технологій.

Система ідентифікації особистості за райдужною оболонкою логічно ділиться на дві частини: пристрій захоплення зображення, його первинної обробки й передачі на обчислювач; обчислювач, який здійснює порівняння зображення із зображеннями в базі даних, і передає команду про допуск виконавчому пристрою.

За допомогою цих алгоритмів неопрацьовані відеозображення ока перетворюються в унікальний ідентифікаційний двійковий потік Iris-код, який

служить для опису текстури райдужки у вигляді послідовності чергування фаз, схожої на штрих-код. Отриманий таким чином код порівнюється із базою даних для пошуку співпадіння. Час первинної обробки зображення в сучасних системах приблизно 300–500 мс, швидкість порівняння отриманого зображення з базою має рівень 50000–150000 порівнянь за секунду навіть на звичайному персональному комп'ютері. Така швидкість порівняння не накладає обмежень на застосування методу у великих організаціях під час використання в системах доступу. При використанні ж спеціалізованих обчислювачів і алгоритмів оптимізації пошуку стає можливим навіть ідентифікація людини серед жителів цілої країни.

Розрізняють активні й пасивні системи розпізнавання. У системах першого типу користувач повинен сам настроїти камеру, пересуваючи її для більш точного наведення. Пасивні системи простіше у використанні, оскільки камера в них настроюється автоматично.

Варто зазначити, що райдужки правого і лівого ока за малюнком суттєво відрізняються.

Переваги методу:

- 1) статистична надійність;
- 2) захоплення зображення райдужної оболонки можна здійснювати на відстані від кількох сантиметрів до кількох метрів, при цьому фізичний контакт людини з пристроями не відбувається;
- 3) райдужна оболонка захищена від пошкоджень рогівкою;
- 4) велика кількість методів протидії підробкам.

Недоліки методу:

- 1) вартість системи для захоплення райдужної оболонки вища за вартість сканера відбитків пальця і камери для захоплення 2D зображення обличчя.

### 1.3.3 Біометрична ідентифікація за геометрією обличчя

Існує безліч методів розпізнавання за геометрією обличчя. Всі вони базуються на тому, що риси обличчя й форма черепа кожної людини



індивідуальні. Ця область біометрії багатьом видається привабливою, оскільки ми впізнаємо один одного в першу чергу по обличчю.

Ріст мультимедійних технологій, завдяки яким можна побачити все більше відеокамер, встановлених на міських вулицях і площах, аеропортах, вокзалах і інших місцях скупчення людей, визначили розвиток цього напрямку.

Технічна реалізація методу – більш складне (з математичної точки зору) завдання, ніж розпізнавання відбитків пальців, і, крім того, вимагає більш дорогої апаратури (необхідна цифрова відео – або фотокамера і плата захоплення відеозображення). В цього методу є один істотний плюс: для зберігання даних про один зразок ідентифікаційного шаблону потрібно зовсім небагато пам'яті, тому що людське обличчя можна “розкласти” на відносно невелику кількість ділянок, незмінних у всіх людей. Наприклад, для обчислення унікального шаблону, відповідного конкретній людині, необхідно всього від 12 до 40 характерних ділянок. Розпізнавання людини за зображенням обличчя вирізняється серед біометричних систем тим, що, по-перше, не вимагає спеціального дорогого устаткування. Для більшості додатків досить тільки персонального комп'ютера і звичайної відеокамери. По-друге, відсутній фізичний контакт людини із пристроями. Не треба ні до чого доторкатися або спеціально зупинятися й чекати спрацьовування системи. У більшості випадків досить просто пройти неподалік або затриматися перед камерою на кілька секунд. Розпізнавання зображень аналогічне розпізнаванню образів.

В наш час існують чотири основних методи розпізнавання обличчя, які відрізняються складністю реалізації і метою застосування:

- 1) “Eigenface”, або “власне обличчя”;
- 2) аналіз “відмітних рис”;
- 3) “нейронна мережа”;
- 4) автоматична обробка зображення обличчя.

Технологія Eigenface використовує двовимірні зображення в градаціях сірого, які представляють відмітні характеристики зображення особи. Метод Eigenface часто використовується як основа для інших методів розпізнавання

обличчя. Комбінуючи характеристики 100–120 Eigenface, можна відновити велику кількість облич. В момент реєстрації Eigenface кожної конкретної людини представляється у вигляді ряду коефіцієнтів. Для режиму встановлення особистості, у якому зображення використовується для перевірки ідентичності, “живий” шаблон порівнюється із вже зареєстрованим шаблоном з метою визначення коефіцієнта відмінності. Ступінь відмінності між шаблонами визначає факт ідентифікації. Технологія Eigenface оптимальна під час використання в добре освітлених приміщеннях, коли є можливість сканування особи у фас.

Метод аналізу “відмітних рис” – найбільш широко використовувана технологія ідентифікації. Вона подібна методу Eigenface, але в більшому ступені адаптована до зміни зовнішності або міміки людини (усміхнене або насуплене обличчя). В технології “відмітних рис” використовуються десятки характерних рис різних областей обличчя, причому з враховується їх відносне місце розташування. Індивідуальна комбінація цих параметрів визначає особливості кожного конкретного обличчя. Обличчя людини унікальне, але досить динамічне, тому що людина може посміхатися, відпускати бороду й вуса, надягати окуляри – усе це збільшує складність процедури ідентифікації. Наприклад, під час посмішки спостерігається деякий зсув частин обличчя, розташованих поблизу рота, що у свою чергу буде викликати подібний рух суміжних частин.

У методі, що базується на нейронній мережі, характерні риси обох облич – зареєстрованого, і що перевіряється, – порівнюються на збіг. “Нейронні мережі” використовують алгоритм, що встановлює відповідність унікальних параметрів обличчя людини, що перевіряється, і параметрів шаблону, що знаходиться в базі даних, при цьому застосовується максимально можливе число параметрів. У міру порівняння визначаються невідповідності між обличчям, що перевіряється й шаблоном з бази даних, потім запускається механізм, який за допомогою відповідних вагових коефіцієнтів визначає ступінь відповідності обличчя, що перевіряється, шаблону з бази даних. Цей метод збільшує якість ідентифікації обличчя в складних умовах.

Метод автоматичної обробки зображення особи – найбільш проста технологія, що використовує відстані й відношення відстаней між легко визначальними точками обличчя, такими, як очі, кінець носа, куточки рота. Хоча даний метод не настільки потужний, як Eigenface або “нейронна мережа”, він досить ефективний в умовах слабкої освітленості.

Дана область біометрії поділяється на два напрямки: 2D-розпізнавання і 3D-розпізнавання. У кожного з них є переваги й недоліки, однак багато чого залежить ще й від області застосування і вимог, пред’явлених до конкретного алгоритму.

2D-розпізнавання обличчя – один із найбільш статистично неефективних методів біометрії. З’явився він досить давно й застосовувався переважно в криміналістиці, що й сприяло його розвитку. Згодом з’явилися комп’ютерні інтерпретації методу, в результаті чого він став більш надійним, але, безумовно, поступався і з кожним роком все більше поступається іншим біометричним методам ідентифікації особистості. У наш час через погані статистичні показники він застосовується переважно в мультимодальній або, як її ще називають, перехресній біометрії.

Переваги методу:

- 1) під час 2D-розпізнавання, на відміну від більшості біометричних методів, не потрібне коштовне обладнання;
- 2) можливість розпізнавання на значних відстанях від камери.

Недоліки методу:

- 1) низька статистична вірогідність;
- 2) висуваються вимоги до освітлення (наприклад, не вдається реєструвати обличчя людей, які входять з вулиці, у сонячний день);
- 3) для багатьох алгоритмів неприйнятність якихось зовнішніх завад, як, наприклад, окуляри, борода, деякі елементи зачіски;
- 4) обов’язкове фронтальне зображення обличчя, з дуже незначними відхиленнями;
- 5) багато алгоритмів не враховують можливі зміни міміки обличчя, тобто вираз повинен бути нейтральним.



Реалізація методу 3D-розпізнавання обличчя є досить складним завданням. Незважаючи на це, в наш час існує безліч методів 3D-розпізнавання обличчя. Один з найпоширеніших – метод проектування шаблону, який полягає в тому, що на об'єкт (обличчя) проектується сітка. Далі камера здійснює знімки зі швидкістю десятків кадрів за секунду, і отримані зображення обробляються спеціальною програмою. Промінь, що падає на викривлену поверхню, вигинається – чим більша кривизна поверхні, тем сильніший вигин променя. Споконвічно при цьому застосовувалося джерело видимого світла, яке подавали через “жалюзі”. Потім видиме світло було замінене інфрачервоним, яке володіє рядом переваг. Зазвичай на першому етапі обробки відкидаються зображення, на яких обличчя не видно взагалі або присутні сторонні предмети, які заважають ідентифікації. За отриманими знімками відновлюється 3D-модель обличчя, на якій виділяються й вилучаються зайві завади (зачіска, борода, вуса й окуляри). Потім здійснюється аналіз моделі – виділяються антропометричні особливості, які в підсумку й записуються в унікальний код, що заноситься в базу даних. Час захоплення й обробки зображення становить 1–2 с для кращих моделей.

Переваги методу:

- 1) відсутність необхідності контактувати із пристроєм, що здійснює сканування;
- 2) низька чутливість до зовнішніх факторів, як на самій людині (поява окулярів, борода, зміна зачіски), так і в його оточенні (освітленість, поворот голови);
- 3) високий рівень надійності, який можна порівняти з методом ідентифікації за відбитками пальців.

Недоліки методу:

- 1) дорожнеча обладнання;
- 2) зміна міміки обличчя і завади на обличчі погіршують надійність методу;
- 3) метод ще недостатньо добре розроблений, особливо порівняно з дактилоскопією, яка давно використовується, що утруднює його широке застосування.

### 1.3.4 Біометрична ідентифікація за геометрією кисті руки

За своєю технологічною структурою і рівнем надійності повністю аналогічний методу ідентифікації особистості за відбитком пальця. Статистична ймовірність існування двох кистей рук з однаковою геометрією надзвичайно мала. Але ознаки руки змінюються з віком, а сам пристрій має порівняно великі розміри.

Математична модель ідентифікації за даним параметром вимагає небагато інформації – усього 9 байт, що дозволяє зберігати великий обсяг записів і швидко здійснювати пошук. Пристрої ідентифікації особистості за геометрією руки знаходять широке застосування. Так, у США пристрої для зчитування відбитків долонь в наш час встановлені більш ніж на 8000 об'єктах. Найбільш популярний пристрій Handkey сканує як внутрішню, так і бічну сторону долоні, використовуючи для цього вбудовану відеокамеру й алгоритми стиску.

В наш час ідентифікація користувачів за геометрією руки використовується в законодавчих органах, міжнародних аеропортах, лікарнях, імміграційних службах тощо. Переваги ідентифікації за геометрією долоні порівнянні з перевагами ідентифікації за відбитком пальця з погляду надійності, хоча пристрій для зчитування відбитків долонь займає більше місця.

### 1.3.5 Біометрична ідентифікація за венозним малюнком руки

Це нова технологія у сфері біометрії, яка базується на інфрачервоному скануванні вен із наступною цифровою обробкою. Спершу дана технологія була розроблена для використання в системі охорони здоров'я, щоб допомогти лікарям знайти у пацієнтів вени для ін'єкцій. Але з урахуванням того, що структура вен у кожної людини індивідуальна, ця технологія викликала інтерес з точки зору ідентифікації. Більш того, вона є надійнішою за технологію ідентифікації за відбитком пальців, оскільки відтворити тривимірну модель кровоносної системи неможливо.

Малюнок вен зчитується із зовнішнього боку долоні або кисті руки за допомогою інфрачервоної камери, що дозволяє отримати достатньо чітке

зображення кровоносних судин так, що відносно невеликі порізи чи бруд на поверхні шкіри не є перешкодою для успішної реєстрації особи. Поглинаючи ці промені, відновлений гемоглобін, що переносить кисень по венах до усіх клітин нашого організму, скорочує ступінь відбиття і відображення малюнка вени у вигляді чорного унікального візерунка. Далі отримана картинка обробляється, і на її основі по тому, як розміщені вени на руці, формується цифрова згортка.

Переваги методу:

- 1) унікальність малюнка вен у кожної людини, адже малюнок вен на долоні не змінюється із дворічного віку;
- 2) відсутність необхідності контактувати із пристроєм, що здійснює сканування, внаслідок чого питання гігієни вважається закритим;
- 3) висока ступінь захищеності – характеристику неможливо отримати від людини “на вулиці”, у випадку муляжу кисті малюнок вен не буде знятий інфрачервоною камерою;
- 4) можливість широкого використання за рахунок мінімізації впливу зовнішніх факторів;
- 5) простота – інтерфейс користувача сприяє максимальній простоті сприйняття;
- 6) висока вірогідність – статистичні показники методу можна порівняти із показами сканування райдужної оболонки.

Недоліки методу:

- 1) недопустиме засвічення сканера сонячними променями і променями галогенних ламп;
- 2) деякі вікові захворювання, наприклад, артрит, сильно погіршують помилкове схвалення і помилкову відмову.

Варто також зазначити, що існує можливість попередньої реєстрації навіть коли людина ще перебуває в утробі матері. Ця особливість полягає в тому, що малюнок вен у людини не змінюється протягом усього життя. Формування малюнка розміщення вен відбувається ще до народження і відрізняється навіть між близнюками.

### 1.3.6 Біометрична ідентифікація за сітківкою ока

Початок розробок цього напрямку ідентифікації належить до 1976 р., коли у США була утворена компанія Eyedentify, яка дотепер зберігає монополію на виробництво комерційних систем ідентифікації за ретиною.

До останнього часу вважалося, що найбільш надійний метод біометричної ідентифікації особистості – це метод, що базується на скануванні сітківки ока. Він поєднує в собі кращі риси ідентифікації за райдужною оболонкою й за венами руки. Сканер зчитує малюнок капілярів на поверхні сітківки ока. Сітківка має нерухому структуру, незмінну в часі, окрім як у результаті очної хвороби, наприклад, катаракти.

Сканування сітківки відбувається з використанням інфрачервоного світла низької інтенсивності, спрямованого через зіницю до кровоносних судин на задній стінці ока. Сканери сітківки ока отримали широке поширення в системах контролю доступу на особливо секретні об'єкти, тому що в них один з найнижчих відсотків відмови в доступі зареєстрованих користувачів і практично не буває помилкового дозволу доступу.

На жаль, цілий ряд труднощів виникає під час використання цього методу біометрії. Під час ідентифікації за сітківкою ока вимірюється кутовий розподіл кровоносних судин на поверхні сітківки щодо сліпої плями ока й інші ознаки. Капілярний малюнок сітківки очей відрізняється навіть у близнюків і може бути з великим успіхом використаний для ідентифікації особистості. Усього нараховують близько 250 ознак. Подібні біометричні термінали забезпечують високу вірогідність ідентифікації, порівнянну з дактилоскопією, але вимагають від особи, що перевіряється, значний час не рухатися і фіксувати погляд на об'єктиві сканера, що є доволі складною оптичною системою.

Переваги методу:

- 1) високий рівень статистичної надійності;
- 2) через низьке поширення систем низька імовірність розробки способу їх “обману”;
- 3) безконтактний метод зняття даних.

Недоліки методу:

- 1) складна у користуванні система з довгим часом обробки;
- 2) висока вартість системи;
- 3) відсутність широкого ринку пропозиції і, як наслідок, недостатня інтенсивність розвитку методу.

### 1.3.7 Біометрична ідентифікація за голосом

Біометричний підхід, пов'язаний з ідентифікацією голосу, зручний у застосуванні. Однак основним і визначальним недоліком цього підходу є низька точність ідентифікації. Наприклад, людина із застудою або ларингітом може зазнавати труднощів при використанні даних систем.

Причинами впровадження цих систем є повсюдне поширення телефонних мереж і практика вбудовування мікрофонів у комп'ютери й периферійні пристрої. Як недоліки таких систем можна назвати фактори, що впливають на результати розпізнавання: завади в мікрофонах, вплив навколишнього оточення на результати розпізнавання (шум), помилки під час вимови, різний емоційний стан еталону, що перевіряється в момент реєстрації, і під час кожної ідентифікації, використання різних пристроїв реєстрації під час запису еталонів і ідентифікації, завади в низькоякісних каналах передачі даних тощо.

Постає важливе питання: як захистити систему від зловмисників, що володіють здатністю до імітації голосу, якщо їм вдасться дізнатися про парольну фразу? Відповідь на нього не однозначна. Людина виробляє свою думку про специфіку сприйнятого голосу шляхом оцінки деяких його характерних якостей, не звертаючи увагу при цьому на кількісний бік різноманітних дрібних компонентів мовного сигналу. Автомат же навпаки, не володіючи здатністю уловлювати узагальнену характеристику голосу, свій висновок здійснює, ґрунтуючись на конкретних параметрах мовного сигналу і здійснюючи їх точний кількісний аналіз.

Специфічне слухове сприйняття людини призводить до того, що бездоганне відтворення професійними імітаторами голосів можливо лише тоді, коли суб'єкт,



що вдає інший голос, характеризується яскраво вираженими особливостями вимови (інтонаційною картиною, акцентом, темпом мови тощо) або тембру (гугнявістю, шепелявістю, гаркавістю тощо). Саме цим слід пояснити той факт, що навіть професійні імітатори виявляються не в змозі наслідувати звичним, не примітним голосам.

На противагу людям автомати, що розпізнають, позбавлені суб'єктивного відношення до сприйманих образів, здійснюють ідентифікацію (розпізнавання) голосів об'єктивно, на основі суворо детермінованих і апріорі заданих ознак. Володіючи “нелюдським” критерієм оцінки схожості голосів, системи сприймають голос людини через призму своїх ознак. Внаслідок цього, чим складнішою й “незрозумілішою” буде сукупність ознак, за якими автомат розпізнає голос, тим меншою буде ймовірність його обману. У той же час, незважаючи на те, що проблема імітації дуже важлива й актуальна із практичної точки зору, вона все ж далека від остаточного розв'язку.

Вибір параметрів мовного сигналу, здатних найкращим чином описати індивідуальність голосу є, мабуть, найважливішим етапом під час побудови систем автоматичної ідентифікації за голосом. Такі параметри сигналу, названі ознаками індивідуальності, крім ефективності подання інформації про особливості голосу диктора, повинні мати ряд інших властивостей. По-перше, вони повинні бути легко вимірюваними й мало залежати від факторів довкілля, що заважають (шумів і перешкод). По-друге, вони повинні бути стабільними в часі. По-третє, не повинні піддаватися імітації.

Постійно ведуться роботи з підвищення ефективності систем ідентифікації за голосом. Відомі системи ідентифікації за голосом, де застосовується метод спільного аналізу голосу й міміки, тому що, як виявилось, міміка мовця характерна тільки йому.

Розробляються комбіновані системи, що складаються із блоків ідентифікації й верифікації голосу. Під час розв'язування завдання ідентифікації знаходиться найближчий голос (або кілька голосів) з фонотеки, потім у результаті розв'язку завдання верифікації підтверджується або спростовується приналежність

фонограми конкретній особі. Система практично використовується при забезпеченні безпеки деяких особливо важливих об'єктів.

Завдання підвищення надійності розпізнавання може бути вирішена за рахунок залучення граматичної й семантичної інформації у системах розпізнавання мови. Для розв'язку цього завдання розроблена (за участі експертів: лінгвістів, рядових носіїв мови) модель вхідної мови, що враховує особливості їх граматичної й семантичної поведінки (основні граматичні класи, граматичні розряди слів), її комп'ютерне втілення – лінгвістична база знань (ЛБЗ) і лінгвістичний процесор (ЛП).

Перевірка голосу зручна для використання в телекомунікаційних додатках. Необхідні для цього 16-розрядна звукова плата й конденсаторний мікрофон коштують менше 1000 грн. Імовірність помилки становить 2–5 %. Дана технологія підходить для верифікації за голосом по телефонних каналах зв'язку, вона більш надійна в порівнянні із частотним набором особистого номера. Зараз розробляються напрямки ідентифікації особистості і її стану за голосом – збуджена, хвора, говорить правду, сама не своя тощо.

### 1.3.8 Біометрична ідентифікація за набором на клавіатурі

Тут під час набору, наприклад, паролю, відслідковуються швидкість і інтервали між натисканнями.

Сучасні дослідження показують, що клавіатурний почерк користувача володіє деякою стабільністю, що дозволяє досить однозначно ідентифікувати користувача.

Застосовуються статистичні методи обробки вихідних даних і формування вихідного вектора, що є ідентифікатором даного користувача. Як вихідні дані використовують тимчасові інтервали між натисканням клавіш на клавіатурі і час їх утримання. При цьому тимчасові інтервали між натисканням клавіш характеризують темп роботи, а час утримання клавіш характеризує стиль роботи із клавіатурою – різкий удар або плавне натискання.

Принципова відмінність цих двох способів полягає в тому, що у першому випадку використовується ключова фраза, що задається користувачем у момент реєстрації його в системі (пароль), а в другому випадку використовуються ключові фрази, які генеруються системою щоразу в момент ідентифікації користувача.

Маються на увазі два режими роботи:

- навчання;
- ідентифікація.

На етапі навчання користувач вводить кілька разів пропоновані йому тестові фрази. При цьому розраховуються й запам'ятовуються еталонні характеристики даного користувача. На етапі ідентифікації розраховані оцінки порівнюються з еталонними, на підставі чого здійснюється висновок про збіг або розбіжності параметрів клавіатурного почерку. Вибір тексту, на якому виконується навчання системи, – досить важливий етап для нормального функціонування системи. Пропоновані користувачеві фрази необхідно підбирати таким чином, щоб використовувані в них символи повністю й рівномірно вкривали робоче поле клавіатури. Більш того, якщо в процесі навчання системи видно, що статистичні характеристики окремих клавіш мають істотний розкид, необхідно формувати чергову тестову фразу таким чином, щоб зменшити цю невизначеність. Можлива організація “неявного” процесу навчання системи, коли програма перехоплює все введення з клавіатури й відповідно розраховує еталонні характеристики користувача. Дана процедура досить легко організовується практично в будь-якій операційній системі. В Windows для цього використовується стандартний механізм пасток (hooks).

Застосування способу ідентифікації за клавіатурним почерком доцільне тільки стосовно користувачів з досить тривалим досвідом роботи з комп'ютером і почерком роботи на клавіатурі, що сформувався, тобто до програмістів, секретарів тощо. У протилежному випадку ймовірність неправильного впізнання “легального” користувача суттєво зростає й робить непридатним даний спосіб ідентифікації на практиці. Виходячи з теорії машинопису й діловодства можна

визначити час становлення почерку роботи із клавіатурою, при якому досягається необхідна ймовірність ідентифікації користувача: приблизно 6 місяців.

Еталонні характеристики користувача, отримані на етапі навчання системи, дозволяють зробити висновки про ступінь стабільності клавіатурного почерку користувача й визначити довірчий інтервал розкиду параметрів для наступної ідентифікації користувача. Щоб не дискредитувати роботу системи, можна відсівати користувачів, клавіатурний почерк яких не володіє необхідною стабільністю.

У завданні ідентифікації користувача за клавіатурним почерком важливим етапом є обробка первинних даних. В результаті цієї обробки вхідний потік даних розділяється на ряд ознак, що характеризують ті або інші якості ідентифікованої особистості. Надалі ці ознаки, піддаючись статистичній обробці, дозволяють отримати ряд еталонних характеристик користувача.

Початковий етап обробки даних – фільтрація. На цьому етапі з потоку даних віддаляється інформація про “службові” клавіші – клавіші керування курсором, функціональні клавіші тощо.

Потім виділяється інформація, що належить до наступних характеристикам користувача:

- кількість помилок при наборі;
- інтервали між натисканнями клавіш;
- час утримання клавіш;
- число перекриттів між клавішами;
- ступінь аритмічності при наборі;
- швидкість набору.

Збільшити кількість еталонних характеристик, а отже, побільшати надійність системи можна, виконавши поділ вхідного потоку на дані, що ставляться до лівої й правої руки відповідно.

В останні роки застосовують нейрмережевий підхід до завдання ідентифікації. Нейронні мережі – це узагальнена назва декількох груп алгоритмів, що володіють однією важливою властивістю: вони вміють навчатися на

прикладом, витягаючи приховані закономірності з потоку даних. Якщо між вхідними й вихідними даними існує якийсь зв'язок, що навіть не виявляється традиційними кореляційними методами, нейронна мережа здатна автоматично налаштуватися на неї із заданим ступенем точності.

Застосування нейромережевого підходу до завдання ідентифікації користувача за клавіатурним почерком дозволяє розв'язати ряд проблем, що виникають під час використання стандартних методів статистичної обробки вхідного потоку даних.

### 1.3.9 Біометрична ідентифікація за підписом

Для контролю рукописного підпису використовуються дигітайзери.

Основою ідентифікації особистості за почерком і динамікою написання контрольних фраз (підписів) є унікальність і стабільність динаміки цього процесу для кожної людини, характеристики якої можуть бути вимірювані, переведені в цифровий вигляд і піддані комп'ютерній обробці. Таким чином, під час ідентифікації для порівняння вибирається не продукт письма, а сам процес.

Підпис – такий же унікальний атрибут людини, як і її фізіологічні характеристики. Крім того, це й більш звичний для будь-якої людини метод ідентифікації, оскільки він, на відміну від зняття відбитків пальців, не асоціюється з кримінальною сферою. Одна з перспективних технологій ідентифікації базується на унікальності біометричних характеристик руху людської руки під час письма.

Звичайно виділяють два способи обробки даних про підпис: просте порівняння зі зразком і динамічну верифікацію.

Перший досить ненадійний, тому що базується на звичайному порівнянні введеного підпису з тими графічними зразками, що зберігаються в базі даних. Через те, що підпис не може бути завжди однаковим, цей метод дає великий відсоток помилок. Спосіб динамічної верифікації вимагає набагато складніших обчислень і дозволяє в реальному часі фіксувати параметри процесу підпису, такі, як швидкість руху руки на різних ділянках, сила тиску й тривалість різних етапів



підпису. Це дає гарантії того, що підпис не зможе підробити навіть досвідчений графолог, оскільки ніхто не в змозі в точності скопіювати поведінку руки власника підпису. Користувач, використовуючи стандартний дигітайзер і ручку, імітує свій звичайний підпис, а система зчитує параметри руху і звіряє їх з тими, що були заздалегідь введені в базу даних. У випадку збігу образу підпису з еталоном система прикріплює до документа, що підписується, інформацію, що включає ім'я користувача, адресу його електронної пошти, посаду, поточний час і дату, параметри підпису, що містять кілька десятків характеристик динаміки руху (напрямок, швидкість, прискорення) й інші. Ці дані шифруються, потім для них обчислюється контрольна сума, і дані зберігаються в базі.

Ідентифікацію за підписом не можна використовувати всюди, зокрема, цей метод не підходить для обмеження доступу в приміщення або для доступу в комп'ютерні мережі. Однак в деяких областях, наприклад у банківській сфері, а також усюди, де відбувається оформлення важливих документів, перевірка правильності підпису може стати найбільш ефективним, а головне, необтяжливим і непомітним способом. Дотепер фінансове співтовариство не поспішало ухвалювати автоматизовані методи ідентифікації підпису для кредитних карток і перевірки заяви, тому що підписи всі ще занадто легко підробити. Це перешкоджає впровадженню ідентифікації особистості за підписом у високотехнологічні системи безпеки.

Пристрої ідентифікації за динамікою підпису використовують геометричні або динамічні ознаки рукописного відтворення підпису в реальному масштабі часу. Підпис виконується користувачем на спеціальній сенсорній панелі, за допомогою якої здійснюється перетворення змін прикладеного зусилля натискання на перо (швидкості, прискорення) в електричний аналоговий сигнал. Електронна схема перетворює цей сигнал на цифровий вид, пристосований для машинної обробки. Під час формування "еталону" слід враховувати, що для кожної людини характерний деякий розкид характеристик почерку від одного акту до іншого. Щоб визначити ці флуктуації й призначити рамки, користувач під

час реєстрації виписує свій підпис кілька разів. У результаті формується набір підписів однієї і тієї ж особи за різних умов.

Основна перевага підпису в порівнянні з використанням, наприклад, дактилоскопії, в тому, що це розповсюджений і загально визнаний спосіб підтвердження своєї особистості (наприклад, під час отримання банківських вкладів). Цей спосіб не викликає “технологічного дискомфорту”, як буває у випадку зняття відбитків пальців, що асоціюється з діяльністю правоохоронних органів. У той же час підробка динаміки підпису – справа дуже важко виконувана (на відміну, скажімо, від відтворення малюнка підпису). Причому завдяки розпису не на папері, а на сенсорній панелі, значно ускладнюється копіювання зловмисником її накреслення.

#### 1.3.10 Нові методи біометричної ідентифікації

Спектр технологій, які можуть використовуватися в системах безпеки, постійно розширюється. У наш час ряд біометричних технологій перебуває в стадії розробки, причому деякі з них вважаються досить перспективними. До них належать наступні технології:

- 1) термограми обличчя в інфрачервоному діапазоні випромінювання;
- 2) характеристики ДНК;
- 3) розпізнавання за розташуванням вен;
- 4) аналіз структури шкіри й епітелію на пальцях на базі цифрової ультразвукової інформації (спектроскопія шкіри);
- 5) аналіз відбитків долонь;
- 6) аналіз форми вушної раковини;
- 7) аналіз характеристик ходи людини;
- 8) аналіз індивідуальних властивостей людини;
- 9) розпізнавання за рівнем солоності шкіри.

Технологія побудови й аналізу термограми є одним з останніх досягнень в області біометрії. Як виявили вчені, використання інфрачервоних камер дає унікальну картину об'єктів, що знаходяться під шкірою особи. Різні щільності

кістки, жиру й кровоносних судин суворо індивідуальні й визначають термографічну картину особи користувача. Термограма особи є унікальною, внаслідок чого можна впевнено розрізняти навіть абсолютно схожих близнюків. З додаткових властивостей цього підходу можна відмітити його інваріантність стосовно будь-яких косметичних змін та ін., а також прихованість процедури реєстрації.

Технологія, побудована на аналізі характеристик ДНК (метод геномної ідентифікації) є, як видно, хоча і найбільш тривалою, та й найбільш перспективною із систем ідентифікації. Метод базується на тому, що в ДНК людини є поліморфні локуси (локус – положення хромосоми в гені або аллелі, що часто мають 8-10 аллелей. Визначення набору цих аллелей для декількох поліморфних локусів в конкретного індивіда дозволяє отримати свого роду геномну карту, характерну тільки для цієї людини. Точність даного методу визначається характером і кількістю аналізованих поліморфних локусів і на сьогоднішній день дозволяє досягти рівня 1 помилки на 1 млн. чоловік.

Для ідентифікації людини за рукою використовують кілька біометричних параметрів – це геометрична форма кисті руки або пальців, розташування підшкірних кровоносних судин долоні, візерунок ліній на долоні. Технологія аналізу відбитків долонь стала розвиватися порівняно недавно, але вже має певні досягнення. Причиною розвитку цієї технології послужив той факт, що пристрої для розпізнавання відбитків пальців мають недолік – їм потрібні тільки чисті руки, а відбиток брудного пальця система може й не розпізнати. Тому ряд компаній-розробників (наприклад, у Великобританії) зосередилися на технології, що аналізує не малюнок ліній на шкірі, а обрис долоні, який також має індивідуальний характер. Аналогічна система, що працює з відбитками пальців, успішно використовується британськими поліцейськими вже 5 років. Але одних лише відбитків пальців, як стверджують криміналісти, часто виявляється недостатньо. До 20 % слідів, що залишаються на місці злочину – це відбитки долонь.

Комп'ютеризація цього процесу дозволить використовувати відбитки долонь більш широко й приведе до істотного збільшення розкривання злочинів. Слід відмітити, що пристрої сканування долоні, як правило, мають високу вартість, і тому оснастити ними велика кількість робочих місць не так уже й просто.

Технологія аналізу форми вушної раковини є однією з найбільш останніх підходів у біометричній ідентифікації людини. За допомогою навіть недорогої Web-камери можна отримувати досить надійні зразки для порівняння й ідентифікації. Цей спосіб недостатньо вивчений, у науково-технічній літературі достовірні інформація про поточний стан справ відсутня.

У цей час ведуться розробки систем “електронного носа”, що реалізують процес розпізнавання за запахом. Наявність генетичного впливу на запах тіла дозволяє вважати цю характеристику перспективною для використання з метою біометричної ідентифікації особистості. Як правило, “електронний ніс” є комплексною системою, що складається з трьох функціональних вузлів, що працюють у режимі періодичного сприйняття пахучих речовин: системи пробовідбору і пробопідготовки, лінійки або матриці сенсорів із заданими властивостями і блоку процесорної обробки сигналів матриці сенсорів. Цій технології, як і технології аналізу форми вушної раковини, ще треба буде пройти довгий шлях розвитку, перш ніж вона стане задовольняти біометричним вимогам.

Передбачається використовувати такі унікальні статичні методи, як ідентифікація за піднігтевим шаром шкіри, за обсягом зазначених для сканування пальців, і динамічні методи – ідентифікація за рухом губ під час відтворення кодового слова, за динаміці повороту ключа в замку та інші.

#### 1.4 Інтеграція різних технологій

Інформація, яка міститься в кількох біометричних параметрах, може бути інтегрована за допомогою різних методів, на різних рівнях і в різному контексті. В один клас прийнято поєднувати мультимодальні й багатofакторні рішення. У мультимодальних системах ідентифікатори одного типу (наприклад, відбитки

пальців) обробляються за допомогою різноманітних алгоритмів, головна мета – підвищення надійності ідентифікації. У багатофакторних системах поряд з біометричними використовуються також і інші ідентифікатори (Pin-код, пароль, смарт-карта тощо). Основні цілі застосування багатофакторних систем – прискорення процесу ідентифікації та/або надання можливості розпізнавання без звертання до централізованої бази даних ідентифікаторів. Першими роботами з мультибіометричної ідентифікації вважають експерименти 1976–1978 рр. із застосування логічних класифікаторів для ідентифікації за кількома біометричними характеристиками.

Існує безліч різних джерел інформації, які можуть бути використані для розширення можливостей біометричної системи. На сьогодні виділяють наступні методи інтеграції:

- різні біометричні характеристики (зображення обличчя й відбиток пальця);
- множинні біометричні характеристики (відбитки різних пальців, райдужна оболонка лівого і правого ока);
- різні способи отримання біометричних зразків (зображення обличчя у видимому та інфрачервоному діапазоні);
- різні сканери (дві фотокамери);
- кілька зразків однієї біометричної характеристики;
- кілька алгоритмів порівняння біометричних зразків.

Незалежно від методу можлива сильна або слабка двостороння інтеграція інформації з різних джерел. У першому випадку вихідні від різних біометричних сенсорів сигнали можуть бути використані для створення більш надійних і детальних вхідних сигналів. Інтеграція на рівні сенсора або репрезентації припускає сильний зв'язок між вхідними величинами та інтеграційними схемами.

При слабкій інтеграції зв'язок між вхідними сигналами (наприклад, обличчя і відбиток пальця) буде зовсім невеликий або її не буде зовсім. У цьому випадку інтеграція відбувається на рівні автономних сенсорів, і кожен пристрій незалежно від інших оцінює біометричний зразок. Властивості і шаблони, виділені однієї



біометричною системою, неприйнятні для іншої системи, тоді як величини персональних біометричних параметрів піддаються інтеграції. У системах ідентифікації особистості інтеграція кількох біометричних характеристик відбувається або на рівні ухвалення рішення, або на рівні обчислень.

Кількість помилок у системах біометричної ідентифікації визначається точністю, з якою внутрішній біометричний пристрій зіставлення зможе визначити, яка з гіпотез є дійсною. Вводячи біометричні зразки, ми можемо побудувати дві гіпотези: нульову і альтернативну.

Завдання визначення оптимального методу подібності можна звести до завдання оцінювання щільностей біометричних порівнянь. Але на етапі навчання мультибіометричної системи (тобто визначення розподілів біометричних порівнянь) доступна досить обмежена інформація для оцінки статистичних властивостей біометричних систем.

По-перше, при використанні емпіричних частот як оцінок дійсних функцій розподілу спостерігають сильну залежність від навчальної вибірки й значну дисперсію результатів навчання.

По-друге, навіть під час прийняття певних припущень про динаміку помилок розпізнавання дисперсія прогнозу зі зменшенням рівня КНД росте неприйнятними темпами. Аналогічну ситуацію спостерігають для більшості методів інтеграції. Основна причина полягає в нездатності емпіричних щільностей до узагальнення на генеральну сукупність.

По-третє, слід враховувати, що інтеграцію технології застосовують для побудови систем ідентифікації з дуже низьким КНД, тому істотною проблемою є верифікація результатів.

Очевидно, що більшість біометричних характеристик людини незалежні, наприклад: відбиток пальця і райдужна оболонка ока, термограма обличчя і рисунок вен руки тощо. У цьому випадку біометричні порівняння також повинні бути незалежними.

Останнім часом отримала широке поширення інтеграція методу біометричної ідентифікації за рисунком вен долоні з додатковим зовнішнім

устаткуванням контролю стану здоров'я співробітників. Наприклад, із приладами визначення вмісту парів алкоголю у видихуваному повітрі. Гарні результати його використання продемонстровані на автотранспортних підприємствах і на небезпечному виробництві.

### 1.5 Принципи комбінування інформації при інтеграції

Для статистично залежних біометричних характеристик можна використовувати методи оцінювання щільностей розподілів, які оперують із багатомірним простором результатів порівнянь, залежно від рівня інтеграції біометричних технологій. Статистичні залежності біометричних тестів на рівні характеристик пояснюються наступними причинами: одна біометрика включає іншу біометрику (форма й термограма обличчя, відбитки пальців і відбиток долоні), парний орган (рисунок вен правої і лівої долонь, райдужки очей). При залежності на рівні зразків біометричної характеристики якість розпізнавання може бути поліпшена з ростом числа зразків, узятих при навчанні, тому що при цьому компенсується вплив факторів, що спотворюють результат.

Найпоширенішим випадком інтеграції залежних технологій є використання кількох алгоритмів порівнянь із метою поліпшення якості розпізнавання й підвищення надійності системи ідентифікації. Отриманий комбінований алгоритм можна розглядати як нову одноmodalьну біометричну технологію, що усуває проблеми з верифікацією результатів, тому що навчання і випробування можна провести на доступних масивах за окремими біометричними характеристикам.

Ідентифікація за відбитками пальців і зображенню обличчя є найбільш затребуваної комбінацією біометричних характеристик для різних державних додатків, тому що очевидним чином поєднує практику використання даних дактилоскопічних обліків і традиційної ідентифікації особи за світлиною.

## 1.6 Шляхи підвищення точності систем біометричної ідентифікації

Помилки під час ідентифікації особистості можливі з ряду причин, наприклад, збою в роботі датчика, недоліків скануючого пристрою, обмежень методів обробки, мінливості біометричних характеристик, заміна зловмисниками відомостей у базі даних тощо.

Головними задачами помилкової ідентифікації є мінімізація хибних невідповідностей і відповідностей. У першому випадку зчитування даних особи слід здійснювати згідно з переліком встановлених правил (наприклад, вірне положення пальця під час дактилоскопії, обличчя особи під час ідентифікації за геометрією обличчя, вірне положення ока під час сканування райдужної оболонки тощо). У другому випадку певна особа володіє дуже близькими чи подібними параметрами із тією, що записана в базі даних, і тоді система спрацює невірно, визнавши цю особу за істинну. Допоможе тут виключно дослідження іншої біометричної характеристики цієї людини.

Оскільки первинним пристроєм зняття інформації для ідентифікації особи є сканер, то якість його роботи істотно впливатиме на подальшу обробку інформації. Тому з кожним роком системи біометричної ідентифікації обладнуються більш точними скануючими пристроями, а також такими, що володіють більшою роздільною здатністю; наприклад, оптичні сканери відбитків пальців замінюються в ряді випадків ультразвуковими сканерами. Щоправда, як ті, так і інші вірно знімуть дані лише за умови відповідної чистоти поверхні пальця досліджуваного об'єкта.

Інший спосіб підвищення точності біометричних систем – покращення якості алгоритмів, що використовуються. З кожним роком алгоритми вдосконалюються, оскільки технології біометрії розвиваються швидкими темпами, з'являються нові і вдосконалюються старі алгоритми ідентифікації.

Одним із способів підвищення точності систем біометричної ідентифікації, як вже було зазначено вище, є інтеграція різних методів ідентифікації особи. Це призведе до зростання матеріальних затрат на ідентифікацію, однак результат буде набагато ближчим до бажаного.

Інший спосіб боротьби із помилками під час ідентифікації – використання більш надійних методів, які дозволяють усунути вплив як зовнішніх факторів (включаючи механічні пошкодження частин тіла, за якими здійснюється ідентифікація), так і можливості створення різноманітних макетів-замінників злочинцями.

На відміну від методу ідентифікації за геометрією обличчя ідентифікація за венами долоні більш точна й надійна, порівнянна з точністю ідентифікації за райдужною оболонкою для одного ока. Стабільність отримуваних результатів ідентифікації пояснюється тим, що русла кровоносних судин не змінюються з віком. Їх форма й розташування мало залежать від різних захворювань, наприклад варикозу або тромбозу. Це забезпечує стабільні результати ідентифікації протягом багатьох років. На результати сканування вен практично не впливають зовнішні умови, наприклад, коли руки мокрі, обмерзлі або брудні. Ця особливість дозволяє успішно використовувати метод для ідентифікації на виробництві. Не потрібно безпосереднє торкання, що більш гігієнічно в порівнянні з ідентифікацією за відбитком пальця. Проведені медичні дослідження й отримані висновки, що даний метод ідентифікації абсолютно нешкідливий для людини.

Принцип сканування кровоносних судин використовується не тільки для ідентифікації за венами долоні, а й, наприклад, за венами пальця. У фалангах пальця значно менше кровоносних посудин, і така ідентифікація менш точна в порівнянні з ідентифікацією за венами долоні. Для підвищення точності пропонується проводити ідентифікацію одночасно за кількома пальцями.

Оскільки за звичайних умов малянок вен неможливо побачити, то й створення муляжу для обману цього методу є трудомістким завданням. Вени не залишають слідів на поверхні, їх не можна сфотографувати звичайним фотоапаратом або записати на диктофон. На теперішній момент це найбільш надійний метод біометричної ідентифікації, який не вдалося обдурити за допомогою різних муляжів. Він широко розповсюджений у Японії та країнах Скандинавії.

Розглянемо останній із способів впливу на точність біометричної ідентифікації – захист шаблонів із бази даних, доступ до яких можуть отримати зловмисники.

Існує два загальних принципи: трансформація біометричних рис та біометричні криптосистеми.

У випадку трансформації біометричних рис захищений шаблон отриманий за рахунок застосування незворотної функції трансформації до оригіналу шаблону. Така трансформація зазвичай базується на індивідуальних характеристиках користувача. У процесі автентифікації система застосовує ту ж функцію трансформації до запиту, і зіставлення відбувається вже для трансформованого зразка.

Біометричні криптосистеми зберігають тільки частину інформації, отриманої з біометричного шаблону, – ця частина називається захищеним ескізом. Хоча його самого недостатньо для відновлення оригінального шаблону, він все ж містить необхідну кількість даних для відновлення шаблону при наявності іншого біометричного зразка, схожого на отриманий під час реєстрації.

Захищений ескіз зазвичай отримують шляхом зв'язування біометричного шаблону із криптографічним ключем, однак захищений ескіз – це не те ж саме, що біометричний шаблон, зашифрований за допомогою стандартних методів. За звичайної криптографії зашифрований шаблон і ключ розшифрування – це дві різні одиниці, і шаблон захищений, тільки якщо захищений і ключ. У захищеному шаблоні ж інкапсулюються одночасно і біометричний шаблон, і криптографічний ключ. Ні ключ, ні шаблон не можна відновити, маючи тільки захищений ескіз. Коли системі надають біометричний запит, досить схожий на шаблон, вона може відновити і оригінальний шаблон, і криптоключ за допомогою стандартних методів розпізнавання помилок.

Дослідники запропонували два основні методи генерації захищеного ескізу: нечітке зобов'язання і нечіткий сейф. Перший можна використовувати для захисту біометричних шаблонів, представлених у вигляді двійкових рядків

фіксованої довжини. Другий корисний для захисту шаблонів, представлених у вигляді наборів крапок.

Зіставлення в схемі із трансформацією рис часто відбувається прямо, і можлива навіть розробка функцій трансформації, що не міняють характеристик вихідного простору ознак. Однак буває складно створити вдалу функцію трансформації, незворотну й терпиму до неминучої зміни біометричних рис користувача згодом.

Хоча для біометричних систем існують методи генерації захищеного ескізу, які базуються на принципах теорії інформації, труднощі полягають у тому, щоб подати ці біометричні риси в стандартизованих форматах даних на зразок двійкових рядків і наборів крапок. Тому одна з актуальних тем досліджень – розробка алгоритмів, що перетворюють оригінальний біометричний шаблон у такі формати без втрат значущої інформації.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ОБРАЗІВ ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

### 2.1 Ознаки відбитка вен для порівняння зі зразком

Порівняння отриманого малюнка вен (відбитка) із тими, що знаходяться в базі даних, найчастіше здійснюють за локальними ознаками. Їх називають мінуціями – унікальні для кожного відбитка ознаки, що визначають пункти зміни структури ліній вен (закінчення, роздвоєння, розрив тощо), орієнтацію цих ліній і координати в цих пунктах. Кожен відбиток містить від 20 мінуцій.

Область образу – виділений фрагмент відбитку, в якому локалізовані всі ознаки. Ядро – пункт, локалізований в середині відбитку або деякій виділеній області. Пункт “дельта” – початкова точка. Лічильник ліній – кількість ліній на області образу або між ядром і пунктом “дельта”.

Практика показує, що зовсім неможлива як наявність однакових мікровізерунків мінуцій, так і повна тотожність малюнка вен у двох різних осіб. Тому глобальні ознаки використовують для розділення бази даних на класи і на етапі автентифікації. На другому етапі розпізнавання використовують вже локальні ознаки.

До рисунка вен висуваються наступні вимоги: кожен образ представляється у форматі не стисненого ТІФ; образ повинен мати розширення не нижче 500 dpi; образ повинен бути напівтоновим; максимальний кут повороту відбитка від вертикалі не більше 15 градусів; основні типи мінуцій – закінчення і роздвоєння.



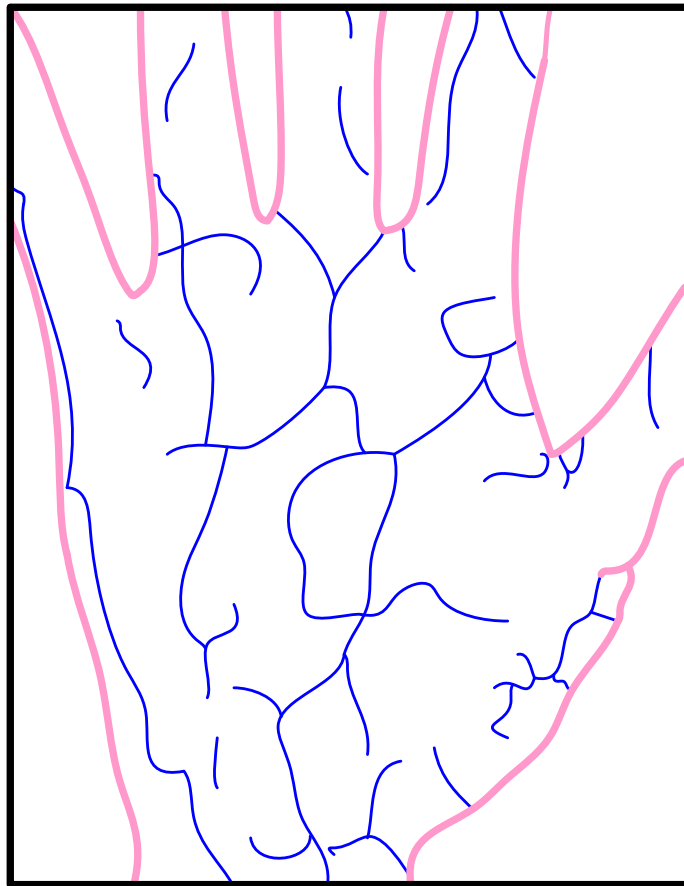


Рисунок 2.1 – Малюнок вен долоні

У випадку дослідження малюнка вен долоні деформація поверхні, як і сухість, вологість або забрудненість рук ніяк не впливають на результати розпізнавання. Тому варто лиш слідкувати за тим, щоб долоня була піднесена до поверхні сканера тильним боком, не стисненою в кулак. Хоча існують і пристрої, які використовують для ідентифікації людини малюнок вен, розташованих на тильній стороні кисті руки, стиснутої в кулак. Спостереження малюнка вен здійснюється телевізійною камерою за інфрачервоного підсвічування, після чого обчислюється шаблон. Монохромне зображення, що надходить від інфрачервоної відеокамери, вводиться в комп'ютер за допомогою спеціального кабелю. В цей же час до зображення додається спеціально створена переглядова таблиця. Зображення піддається обробці спеціальною утилітою, розробленою на одній з мов програмування, і відбувається ідентифікація за індивідуальним малюнком вен на долоні.

## 2.2 Класичні алгоритми і помилки алгоритмів

### 2.2.1 Алгоритм розпізнавання малюнка вен долоні за ключовими точками

Існує два основних алгоритми порівняння отриманих зображень: за ключовими точками (локальними ознаками); за малюнком вен усієї долоні (глобальними ознаками).

Принцип порівняння малюнків за локальними ознаками складається з наступних етапів:

1) поліпшення якості початкового зображення відбитка для збільшення різкості меж венозних ліній;

2) обчислення поля орієнтації венозних ліній відбитка; зображення розбивається на квадратні блоки, зі стороною більше 4 пікселів і за градієнтами яскравості обчислюється кут  $t$  орієнтації ліній для фрагмента відбитка;

3) бінаризація зображення відбитка, – приведення до чорно-білого зображення (1 bit) пороговою обробкою;

4) стоншення ліній зображення відбитка, яке проводиться доти, доки лінії не будуть шириною 1 піксель;

5) виділення мінущій. Зображення розбивається на блоки  $9 \times 9$  пікселів. Після цього підраховується кількість чорних (ненульових) пікселів, що знаходяться навколо центру. Піксель в центрі вважається мінущією, якщо він сам ненульовий, і сусідніх ненульових пікселів один (мінущія “закінчення”) або два (мінущія “роздвоєння”). Координати виявлених мінущій та їх кути орієнтації записуються у вектор:

$$W(p) = [(x_1, y_1, t_1), (x_2, y_2, t_2), \dots, (x_p, y_p, t_p)], \quad (2.1)$$

де  $p$  – кількість мінущій.

Під час реєстрації користувачів цей вектор вважається еталоном і записується в базу даних. Під час розпізнаванні вектор визначає поточний відбиток (що цілком логічно);

б) зіставлення мінущій. Два відбитки малюнка вен однієї долоні будуть відрізнятися один від одного поворотом і зсувом. Тому не можна прямо сказати, чи належить малюнок вен людині чи ні на підставі простого їх порівняння

(вектори еталона і поточного малюнка можуть відрізнятися довжиною, містити невідповідні мінуції тощо). Через це процес зіставлення повинен бути реалізований для кожної мінуції окремо.

Етапи порівняння:

- реєстрація даних;
- пошук пар відповідних мінуцій;
- оцінка відповідності відбитків;
- під час реєстрації визначаються параметри афінних перетворень (кут повороту і зсув), за яких деяка мінуція з одного вектора є певною мінуцією з другого.

Під час пошуку для кожної мінуції потрібно перебрати до 30 значень повороту (від -15 градусів до +15), 500 значень зсуву (від -250 пкс до 250 пкс – хоча, звісно, межі вибирають і трохи менше ...). Разом до 150000 кроків для кожної з 50 можливих мінуцій. Оцінка відповідності відбитків виконується за такою формулою:

$$K = \frac{D \cdot D \cdot 100\%}{p \cdot q} \quad (2.2)$$

де  $D$  – кількість мінуцій, що збіглися;  $p$  – кількість мінуцій еталона;  $q$  – кількість мінуцій ідентифікованого відбитка.

У випадку, якщо результат перевищує 65 %, відбитки вважаються ідентичними (поріг може бути знижений виставлянням іншого рівня пильності). Якщо виконувалася автентифікація, то на цьому все і закінчується. Для ідентифікації необхідно повторити цей процес для всіх відбитків в базі даних, потім вибирається користувач, у якого найбільший рівень відповідності (зрозуміло, його результат повинен бути вищим за поріг 65 %).

Виділення контрольних крапок і визначення координат цих точок виконується в первинній системі координат.

Зіставлення двох відбитків пальців базується на порівнянні контрольних точок. Алгоритм зіставлення застосовується до цифрових моделей відбитків вен

$T_1$  і  $T_2$ . На малюнку 2.2 представлені варіанти блоку, який обчислює ступінь подібності і який прийнято називати метчером.



Рисунок 2.2 – Основний варіант метчерів

Порівняння контрольних точок проводиться кожна з кожною. В околиці кожної контрольної точки здійснюється порівняння найближчих точок, якщо точка розташовується на припустимому видаленні, то ці точки вважаються такими, що збіглися. Зсув контрольних точок може досягати до 10% від довжини рамки зображення відбитка вен долоні. Перед кожним зіставленням відбитків вен обчислюється міра близькості двох відбитків вен. Для визначення міри близькості вноситься невеликий кут повороту відбитка і зсув його центру. Зіставлення виконуються доти, доки не будуть перебрані всі можливі кути повороту одного відбитка й можливі комбінації пікселів центральної області.

Рішення про ідентифікацію приймається за найбільшим значенням міри близькості із усіх варіантів зіставлень, якщо воно не менше заданого порогу.

Кількість порівнянь контрольних точок двох відбитків, необхідна для прийняття рішення про ідентифікацію, дорівнює:

$$N_{сер} = N_d N_{цо} N_{КТ}^2, \quad (2.2)$$

де  $N_d$  – кількість кроків повороту одного із відбитків;  $N_{цо}$  – кількість пікселів центральної області;  $N_{КТ}$  – кількість контрольних точок в одному із відбитків.

Даний алгоритм дозволяє розпаралелити зіставлення відбитків, а також знизити залежність імовірності розпізнавання відбитка вен від поворотів та зсувів. Швидкість розпізнавання відбитка збільшується завдяки додатковому етапу пошуку найбільш достовірних пар базових відрізків.

Центрування забезпечує перехід від декартової системи координат до полярної, за центр якої приймається центр достовірного базового відрізка. З розгляду виключаються контрольні точки, розташовані поблизу центру відбитка й межі інформаційної області.

Базові відрізки формуються із внутрішніх точок розгалужень і закінчень венозного малюнка.

Під час формування базових відрізків радіус-вектор обертається за годинниковою стрілкою щодо первинної системи координат, послідовно відрізками прямих сполучаються контрольні точки, що зустрічаються. Якщо кілька контрольних крапок зустрічаються в одному напрямку радіус-вектора, то попередня точка сполучається із найбільш віддаленою від центру. Контрольні точки, що залишилися, сполучаються в міру наближення до центру. Після завершення обходу контрольних точок базовий відрізок представляється замкненим контуром у вигляді ламаної лінії з вершинами в контрольних точках.

Близькі за довжиною і взаємною орієнтацією базові відрізки виділяються на обох відбитках вен. Взаємна орієнтація визначається значенням кутів с чотирма сусідніми базовими відрізками.

Достовірна пара базових відрізків виділяється таким чином. Необхідно визначити відбиток вен, який має менше число базових відрізків, що входять у ламані. Цей відбиток А використовується для мінімізації кількості пар базового відрізка, що перевіряються. Для кожного базового відрізка відбитка А необхідно вибрати такий парний йому базовий відрізок з другого відбитка В, для якого буде мінімальної міра С:

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \frac{l_A - l_B}{L} + \frac{\alpha_{A_1} - l_{B_1}}{\Lambda} \\
 C_2 &= \frac{l_A - l_B}{L} + \frac{\alpha_{A_2} - l_{B_2}}{\Lambda} \\
 C_3 &= \frac{l_A - l_B}{L} + \frac{\alpha_{A_3} - l_{B_3}}{\Lambda} \\
 C_4 &= \frac{l_A - l_B}{L} + \frac{\alpha_{A_4} - l_{B_4}}{\Lambda} \\
 C &= \min\{C_1, C_2, C_3, C_4\}
 \end{aligned}
 \tag{2.3}$$

де  $l$  – довжина базового відрізка;  $\alpha$  – кут із сусіднім базовими відрізками в межах того самого відбитка пальця;  $L$  – максимальна довжина базового відрізка в обох базових відрізках;  $\Lambda$  – максимально можлива величина кута, рівна  $2\pi$ .

За центр  $O$  нової полярної системи координат в одному з відбитків вен приймається центр достовірного базового відрізка тієї пари базового відрізка, для якої буде значення  $C$  найменшим. Достовірна пара базового відрізка обирається за наступною формулою:

$$C_{\min} = \min_i \left\{ \min_j \left\{ \max_k \{C\}_{K=1}^{K=4} \right\}_{j=1}^{j=N_B} \right\}_{i=1}^{i=N_A} \quad (2.4)$$

де  $N_A, N_B$  – кількість базових відрізків у відбитках  $A$  і  $B$  відповідно;  $K$  – кількість сусідніх базових відрізків, використовуваних при знаходженні міри  $C$  (1), де  $K = 4$ .

У полярній системі координат формується векторний опис множини контрольних точок з обліком до контрольної точки від центру.

Переведення з первинної в нову полярну систему координат здійснюється за наступними формулами:

$$L = \sqrt{(X_T - X_0)^2 + (Y_T - Y_0)^2},$$

$$\alpha = \arccos \frac{(X_T - X_0)^2 + (Y_T - Y_0)^2 + (X_K - X_0)^2 + (Y_K - Y_0)^2 + (X_K - X_T)^2 + (Y_K - Y_T)^2}{2\sqrt{(X_T - X_0)^2 + (Y_T - Y_0)^2} \cdot \sqrt{(X_K - X_0)^2 + (Y_K - Y_0)^2}}, \quad (2.5)$$

де  $X_T, Y_T$  – абсциса і ордината даної контрольної точки в первинній системі координат;  $X_0, Y_0$  – абсциса і ордината центру достовірного базового відрізка у первинній системі координат.

Для кожного елемента множини контрольних точок відповідним відбиткам вен  $A$  і  $B$ , необхідно обчислити мінімальну відстань від усіх елементів іншої множини:

$$e_k^A = \min_t \left\{ d((\alpha_k^A, l_k^A), (\alpha_t^B, l_t^B)) \right\}_{t=1}^{t=N_B}, k = 1, \dots, N_A$$

$$e_k^B = \min_k \left\{ d((\alpha_k^B, l_k^B), (\alpha_t^A, l_t^A)) \right\}_{t=1}^{t=N_A}, k = 1, \dots, N_B \quad (2.6)$$

де  $d(x,y)$  – відстань між елементами множин  $x$  і  $y$ ;  $t, k$  – номер контрольної точки у множинах  $A$  і  $B$  відповідно.

Після цього необхідно обчислити максимальні значення з множин отриманих мінімумів:

$$\begin{aligned} e_{\max}^A &= \min_k \{e_k^A\} \\ e_{\max}^B &= \min_k \{e_k^B\} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Потім обчислюються максимум і мінімум із двох отриманих величин:

$$\begin{aligned} e_{\max i, j} &= \max(e_{\max}^A, e_{\max}^B) \\ e_{\min i, j} &= \min(e_{\max}^A, e_{\max}^B) \end{aligned} \quad (2.8)$$

де  $i, j$  – номер обраного достовірного базового відрізка в  $A$  та  $B$  відповідно. Визначення мінімуму необхідно для визначення ступеня включення однієї множини в іншу, це дозволяє чисельно визначити ідентичність фрагментів пари відбитків вен. Висновок про збіг відбитків приймається на основі аналізу  $e_{\max i, j}$  та  $e_{\min i, j}$ .

Відбитки визнаються ідентичними, якщо:

$$\begin{aligned} e_{\max i, j} &\leq h \\ e_{\min i, j} &\leq h \end{aligned} \quad (2.9)$$

Відбитки належать різним людям, якщо:

$$\begin{aligned} e_{\max i, j} &> h \\ e_{\min i, j} &\leq h \end{aligned} \quad (2.10)$$

Значення  $h$  обирається пропорційно значенню  $C$  відбитків вен, що зіставляються.

У методі порівняння малюнків вен на основі глобальних ознак виконується виявлення ядра, дельт, і кількість цих ознак і їх взаємне розташування дозволяє класифікувати тип візерунка. Остаточне розпізнавання виконується на основі локальних ознак (число порівнянь виходить на кілька порядків нижче для великої бази даних).

Таким чином, перший алгоритм виявляє характерні ділянки і запам'ятовує їх розташування. У другому випадку аналізується усе “зображення” в цілому. У



сучасних системах використовується також комбінація обох алгоритмів, за рахунок чого підвищується рівень надійності системи.

Сформований шаблон заноситься в базу даних системи, в пам'ять головного комп'ютера або мікропроцесорної картки, або в іншій пристрій зберігання цифрових даних і виходить цифровий індекс, який можна перетворити на штрих-код або QR-код. Обсяг збереженої еталонної інформації може бути істотно зменшений, якщо зробити класифікацію за характерними типами венозних малюнків і виділити на відбитку мікрособливості, що становлять початок (закінчення) венозних ліній або їх злиття (розгалуження). Інформація про відбитки, що зберігається в базі даних оператора системи, таким чином, недостатня для повної реконструкції відбитка вен долоні. Це важливо, оскільки виключається використання такої інформації у злочинних цілях.

Одним із різновидів даного алгоритму є порівняння відбитків на основі графів. Вихідне зображення відбитка перетворюється на зображення поля орієнтації венозних ліній (рис. 2.2). Далі на полі за певними ознаками (наприклад, за однаковою орієнтацією ліній, наявністю контрольної точки тощо) виділяють області, визначають їх центри і отримують граф. Далі процес ідентифікації тотожний порівнянню за локальними ознаками.

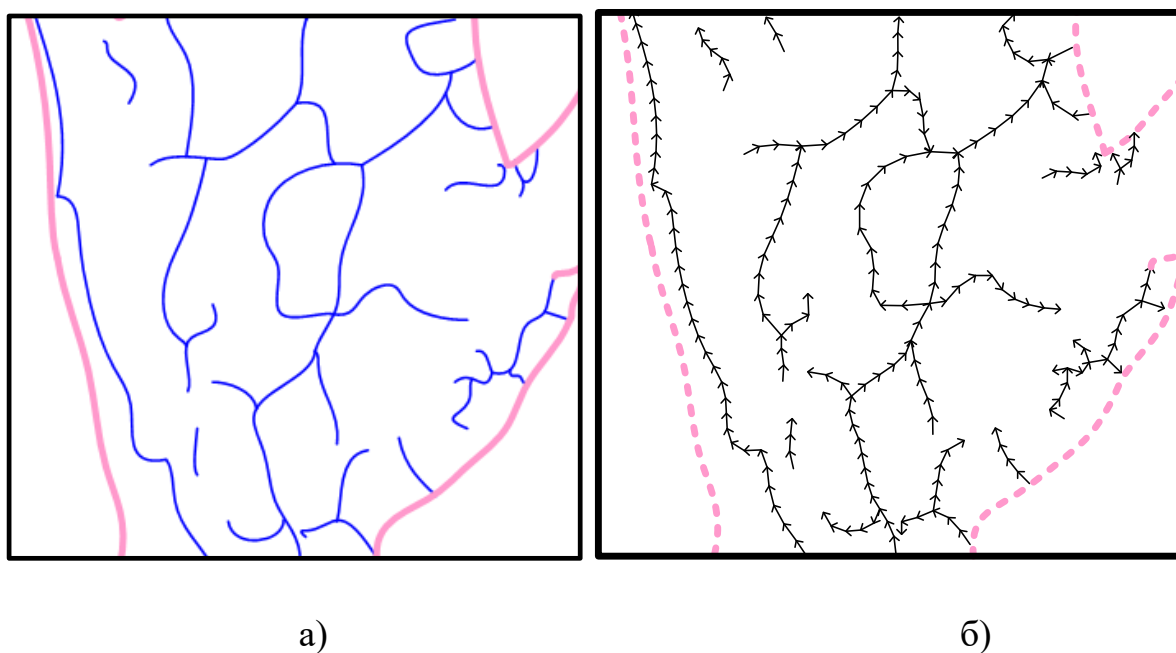


Рисунок 2.2 – Перетворення рисунка вен на поле орієнтації венозних ліній

## 2.2.2 Алгоритм генерації штучних рисунків вен долоні на основі моделі Шерлока і Монро із застосуванням фільтра Габора

Один з поширених алгоритмів генерації штучних рисунків вен долоні (або відбитків пальців) полягає в наступному.

Нехай  $W$  і  $H$  – горизонтальний і вертикальний розмір зображення відповідно,  $R$  – дозвіл зображення (у пікселях на см), і  $K_i = \{k_{i1}, \dots, k_{im_i}\}$  – набір  $m_i$  мінусій  $i$ -го шаблону рисунка вен долоні, де кожна мінусія:

$$k_{ij} = \{w_{ij}, x_{ij}, y_{ij}, \theta_{ij}\}, \quad (2.11)$$

де  $w_{ij}$  – тип точки,  $(x_{ij}, y_{ij})$  – координати точки (у пікселях),  $\theta_{ij}$  – орієнтація ( $0 \leq \theta_{ij} \leq 2\pi$ , у радіанах). Параметр  $w$  приймає значення: 01 – для точки закінчення гребеня, 10 – для точки біфуркації гребеня, 00 – для інших точок.

Позначимо ряд послідовних кроків, з яких складається даний алгоритм:

1) вибирається клас і формуються глобальні ознаки рисунка вен долоні (задаються позиції ядер і дельт);

2) на основі даних про орієнтацію ключових точок вибудовується поле напрямків за моделлю Шерлока-Монро, причому орієнтація  $\theta$  для кожної точки  $z$  визначається за формулою:

$$\theta(z) = \frac{1}{2} \left[ \sum_{i=1}^{n_d} (\arg(z - ds_i)) - \sum_{j=1}^{n_c} (\arg(z - ls_j)) \right], \quad (2.12)$$

де  $z$  – комплексне число, що складається із  $(x, y)$  – координат точки, у якій обчислюється напрямок ліній рисунка вен;  $n_d$  – кількість дельт у рисунку вен долоні;  $n_c$  – кількість островів у рисунку вен долоні;  $ds_i$  – комплексне число, що складається із  $(x, y)$  – координат  $i$ -ї дельти рисунка вен долоні;  $ls_j$  – комплексне число, що складається із  $(x, y)$  – координат  $j$ -го острова рисунка вен долоні;  $\arg(c)$  – функція, що повертає фазу комплексної змінної  $c$ ;

3) на основі поля напрямків і частоти ліній будується шаблон. Для цього задаються позиції ключових точок (випадково або згідно з вихідними даними).

Для кожної мінуції  $k_i = \{w_i, x_i, y_i, \theta_i\}$  в позицію  $(x_i, y_i)$  порожнього зображення міститься растровий прототип, відповідний типу мінуції;

4) далі зображення за кілька ітерацій попіксельно обробляється фільтром Габора:

$$gabor(x, y, \theta, f) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \frac{i_\theta^2}{\delta_i^2} + \frac{j_\theta^2}{\delta_j^2} \right] \right\} \cdot \cos [2\pi f i_\theta] , \quad (2.13)$$

де

$$i_\theta = x \sin \theta + y \cos \theta , \quad j_\theta = -x \sin \theta + y \cos \theta ; \quad (2.14)$$

$\theta$  – кут орієнтації мінуції,  $\delta_i^2$  і  $\delta_j^2$  – просторові константи обвідної Гауса вздовж осей  $i$  та  $j$  відповідно (корегується залежно від частоти так, що фільтр не містить більше трьох ефективних піків);  $f$  – частота синусоїдальної площинної хвилі.

Параметр визначається за формулою:

$$f = \left( \frac{2,54}{500} R \cdot T \right)^{-1} , \quad (2.15)$$

з періодом  $T = 6, 7, 8, 9$  пікселів. Цей діапазон змін дозволяє охопити типові частоти хребтів, що зустрічаються у відбитках пальців людини;

5) після побудови шаблону ліній, він обрізується за обраною формою рисунка вен долоні.

### 2.2.3 Алгоритм Карунена-Лоева

Під час застосування даного алгоритму висуваються наступні припущення:

- 1) усі зображення мають однакові розмірності по ширині й висоті;
- 2) зображення представлені у відтінках сірого;
- 3) зображення повинні бути центровані.

На етапі навчання створюється навчальна вибірка, будується коваріаційна матриця, обчислюються власні вектори і значення, визначаються їх ваги.

Отримане на вході зображення в узагальненому виді є матрицею  $r \times c$ . Це зображення перетворюється в один вектор шляхом конкатенації рядків.

$$I = \begin{bmatrix} d_{0,0} & d_{0,1} & \dots & d_{0,c} \\ d_{1,0} & d_{1,1} & & \\ \vdots & & & \\ d_{r,0} & & & d_{r,c} \end{bmatrix} \rightarrow V = \begin{bmatrix} d_{0,0} \\ d_{0,1} \\ \vdots \\ d_{0,c} \\ d_{1,0} \\ \vdots \\ d_{r,c} \end{bmatrix}, \quad (2.16)$$

де  $I$  – матриця вихідного зображення,

$d_{i,j}$  – інтенсивність відтінку сірого в конкретному пікселі,

$r$  – розмір зображення у висоту в пікселях,

$c$  – розмір зображення завширшки в пікселях,

$V$  – результуючий вектор зображення.

Усі зображення перетворюються на вектори і утворюють матрицю навчальної вибірки:

$$W = \{V_0, V_1, \dots, V_n\}, \quad (2.17)$$

де  $n$  – кількість зображень у навчальній вибірці.

На етапі нормування навчальної матриці розраховується середнє зображення  $M$ :

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i. \quad (2.18)$$

Після цього створюється новий набір векторів, кожен з яких є одним із первісних зображень за винятком середнього  $\Phi = (\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n)$ :

$$\Phi_i = V_i - M, \quad i = 1, \dots, n. \quad (2.19)$$

Цей крок необхідний для того, щоб кожен вектор ніс лише унікальну інформацію про зображення.

Далі будується коваріаційна матриця і отримуються власні вектори і значення.

Коваріаційна матриця, що отримується за формулою:

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Phi_i \Phi_i^T = AA^T, \quad (2.20)$$

де:

$$A = (\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n) \quad (2.21)$$

має розмірність  $L^2 \times L^2$ , де:

$$L = r \cdot c, \quad (2.22)$$

що припускає надалі розрахунки  $L^2$  власних векторів і значень.

Для зменшення кількості оброблюваних даних розраховується менша коваріаційна матриця  $\tilde{C} = A^T A$ , розмірність якої  $n \times n$ . Співвідношення власних векторів  $\lambda$  і значень  $u$  матриці  $C$  і власних векторів  $\tilde{\lambda}$  і значень  $\tilde{u}$  матриці  $\tilde{C}$  продемонстроване у формулі:

$$\lambda_i = \bar{\lambda}_i; \quad u_i = \bar{\lambda}_i^{-\frac{1}{2}} i A u_i. \quad (2.23)$$

На етапі розрахунків ваг власних значень обчислюється матриця ваг, з якими кожен власний вектор впливає на матрицю:

$$\Omega = \lambda^T A, \quad (2.24)$$

де  $\omega$  – матриця ваг, розмірністю  $n \times n$ , а  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$  – матриця власних векторів коваріаційної матриці.

На етапі розпізнавання використовуються матриці ваг  $\omega$  і власних векторів  $\lambda$ , отриманих у ході навчання, для проектування нового зображення в новий простір.

Далі йде етап перетворення вхідного тестового зображення в новий простір власних векторів. Тестове зображення перетворюється на вектор аналогічно навчальним за формулою (2.6) і нормується за середнім за формулою (2.8). Після цього здійснюється перетворення:

$$w = \lambda^T x, \quad (2.25)$$

де  $w$  – вектор перетвореного тестового зображення,

$x$  – вектор вхідного зображення.

На другому етапі розпізнавання здійснюється кластеризація і пошук відстаней. Після переходу в новий простір необхідно визначити, до якого з навчальних векторів ближче всього знаходиться розпізнаване зображення. Для розв'язку цього завдання можуть використовуватися дві метрики: евклідова відстань і відстань Махаланобіса.

Відстань  $d$  за Евклідом між двома векторами  $a$  і  $b$  розраховується таким чином:

$$d = \sqrt{a^T b} \quad (2.26)$$

Відстань за Махаланобісом крім самих векторів враховує і коваріаційну матрицю  $C$ . Обчислюється за формулою:

$$d = \sqrt{(a-b)^T C^{-1} (a-b)}, \quad (2.27)$$

де  $C^{-1}$  – інвертована коваріаційна матриця.

У контексті розглянутого завдання необхідно обчислити відстані між вектором  $w$  і кожним вектором матриці ваг  $\Omega$ :

$$d_j = \text{dist}(w, \Omega_j), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.28)$$

де  $d_j$  – відстань за Евклідом між тестовим зображенням та  $j$ -тим зображенням навчальної вибірки;

$\text{dist}(a, b)$  – функція, що розраховує евклідову відстань між векторами  $a$  і  $b$ ;

$\Omega_j$  –  $j$ -й вектор матриці ваг  $\Omega$ .

Альтернативно обчислюється відстань за Махаланобісом:

$$d_j = \text{dist}(w, C, \Omega_j), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.29)$$

де  $d_j$  – відстань Махаланобіса між тестовим зображенням та  $j$ -м зображенням навчальної вибірки,

$\text{dist}(a, C, b)$  – функція обчислень відстані Махаланобіса між векторами  $a$  і  $b$  по коваріаційній матриці  $C$ .

Таким чином формується вектор відстаней  $d = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ .

На третьому етапі розпізнавання здійснюється пошук вектора з найбільшою подібністю і установка критерію відсікання зображень

В отриманому векторі відстані  $d$  знаходиться мінімальне значення та його індекс:

$$\begin{cases} R_0 = \min(d) \\ R_1 = \text{ind}(R_0, d) \end{cases}, \quad (2.30)$$

де  $R = (x, y)$  – вектор із двох елементів, що зберігає мінімальну відстань і його індекс у векторі відстаней;

$\min(a)$  – функція пошуку мінімально значення у векторі;

$\text{ind}(x, a)$  – функція пошуку індексу елемента  $x$  у векторі  $a$ .

У результаті даних операцій знаходиться мінімальна відстань та індекс відповідного зображення навчальної вибірки. Однак він розраховується і для зображень, які не належать навчальній вибірці, для відсікання таких вводиться емпіричний критерій  $O$ , відстані, більші за який ідентифікуються як не приналежні вибірці.



### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Аналіз вимог технічного завдання

Пристрій призначений для біометричної ідентифікації; пристрій належить до наземної стаціонарної апаратури, підгрупа виконання – медицина. Даний клас радіоапаратури призначений для використання у приміщеннях, головна ознака – прилад належить до контактних перемикальних пристроїв, тому має більший термін служби.

Дотримання вимог, поданих у технічному завданні, буде перевірятися у кожному з наступних підрозділів розрахунків.

#### 3.2 Аналіз структурної схеми

Схему структурну приладу зображено на рисунку 3.1 та у збільшеному вигляді на плакаті формату А1 в графічній частині проекту.

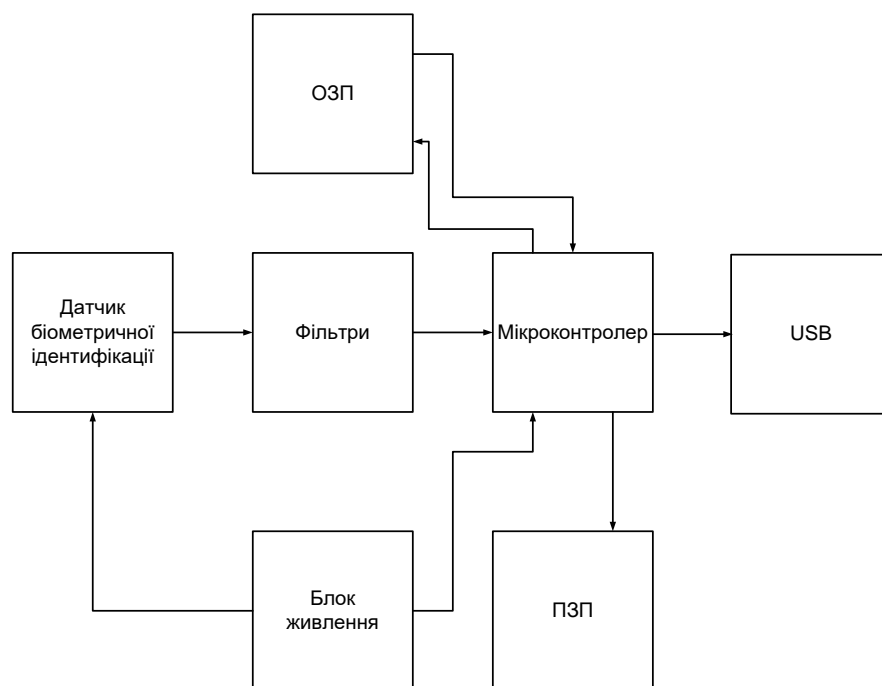


Рисунок 3.1 – Структурна схема пристрою

Пристрій можна умовно розділити на такі блоки:

- датчик біометричної ідентифікації – при допомозі нього проводиться ідентифікація біометричного зображення;
- фільтри – блок активних фільтрів, які служать для фільтрації сигналу від завад та артефактів;
- мікроконтролер - блок мікропроцесора, який керує роботою прилада та проводить первинну обробку даних;
- ОЗП – оперативно запам'ятовуючий пристрій;
- ПЗП – постійнозапам'ятовуючий пристрій – мікросхема Flash-пам'яті на яку записується електрокардіограма;

### 3.3 Аналіз схеми електричної принципової

Основою даного пристрою є мікропроцесор, який виконує функції обробки інформації, що надходить з датчика та виведення її через wifi на ,будь-який пристрій. Мікропроцесор здійснює обробку сигналів з датчика за допомогою АЦП та виведення даних через порт на пристрої.

Особливістю схеми є також силові виходи, що дають змогу керувати будь-яким пристроєм наприклад відкривання- закриття дверей, воріт, тощо.

### 3.4 Аналіз елементної бази пристрою

Для розробки і конструювання даного пристрою необхідно визначити компоненти елементної бази, з якої буде складатися пристрій. Аналіз елементної бази здійснюється для визначення габаритних розмірів, форми та маси конструкції. В цьому розділі обираються найбільш оптимальні радіоелементи і визначаються їх конструктивні параметри. [3]

Оскільки даний пристрій складається з багатьох радіокомпонентів, необхідно вибрати їх тип. Тому, на основі аналізу складових структурної схеми пристрою, обираються найбільш поширені доступні радіокомпоненти. Більшість радіокомпонентів є закордонного виробництва, обумовлено

це тим, що вони досить поширені, мають кращі технічні характеристики і малу вартість.

Аналіз здійснюватимемо згідно з переліком елементів (наведений у додатку В), використовуючи довідники та інформацію від виробників (datasheets). Під час аналізу обраховуються установочні площі радіо компонентів, зазначаються їх маси, а також визначаються, які з радіоелементів будуть винесені на корпус виробу (поза робочою платою), а які будуть встановлені безпосередньо на друкованій платі. [4,5,6,7]

Всі радіоелементи, які наведені в переліку елементів будуть встановлені на плату.

Для радіоелементів установочні площі обраховуються двома шляхами, в залежності від форми корпусу:

1) якщо елемент має круглий чи овальний переріз (типово для транзисторів, конденсаторів), то площа обчислюється за формулою:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.1)$$

де  $d$  – діаметр компонента.

2) якщо радіоелемент, розміщений на платі, має в основі квадрат або прямокутник (це стосується усіх радіокомпонентів з прямокутними корпусами), то установочна площа дорівнює:

$$S = a \cdot b, \quad (3.2)$$

де  $a$ ,  $b$  – відповідно ширина і довжина установки.

Таблиця 3.1 – Конструктивно-експлуатаційні характеристики елементів

Найменування	Кіл.	m, г	S <sub>уст</sub> , мм <sup>2</sup>	D <sub>вив</sub> , мм	T, C <sup>0</sup>	f, Гц	g <sub>лін</sub>	g <sub>ударн</sub>
Конденсатори								
C1206	31	0,05	153,76	-	-60..+125	1..5000	30	75
K50-35 16B	4	0,5	77,04	0,3	-60..+125	1..5000	30	75
Мікросхема								
STM32F103C8T8	1	0,7	86,97	-	-40..+70	1..600	15	30
MAX3232	1	0,5	53,55	-	-40..+85	1..600	15	30
TL7805	1	0,27	28,05	-	-40..+125	1..600	15	30
AZ3.3V	1	0,45	47,175	-	-40..+125	1..600	15	30
ESP8266 модуль	1	1	146,25	0,5	-40..+70	1..600	15	30
Резистори								
R1206	42	0,05	208,32	-	-60..+70	1..2000	50	50
Резонатор								
HC-49S	1	0,3	49,5	0,5	-10..+60	10..2000	30	30
Індикатор дисплей								
BL-L324	1	0,1	12,6	0,5	-25..+85	1..700	30	30
Діоди								
MBR0530	4	0,3	44,3	-	-40..+125	10 <sup>3</sup> ..1·10 <sup>6</sup>	15	50
MBR0510	4	0,33	55,04	-	-40..+125	10 <sup>3</sup> ..1·10 <sup>6</sup>	15	50
Трансформатор								
EFD15 N87	1	5	91,25	-	-60..+125	1..1000	50	50
Всього:	23	7,5	1370,19					

### 3.5 Компонування пристрою

Принципи комплектування визначають ті конструктивні типові елементи, які закладаються в основу РЕА. Вибір принципу комплектування залежить від вимог, що висуваються до конструкції РЕА і обмежень.

Компонування – це процес вибору форм, основних геометричних розмірів, визначення орієнтовної маси і розміщення в просторі елементів, вузлів тощо, для забезпечення максимально корисного ефекту, що визначається схемою і призначенням РЕА. Результатом комплектування є компонувальний ескіз.

При аналітичному методі оперують числовими значеннями різних компонувальних характеристик, такими як розміри елементів, їх маса, площа, об'єм і т. д.

Модельне комплектування найбільш розповсюджене із-за своєї простоти і наглядності. При цьому використовують плоскі (аплікації) або об'ємні моделі, виконані в вигляді спрощених креслень.

Суть методу графічного компоунання полягає в спрощеному графічному викреслюванні елементів РЕА, різних варіантів компоунання. Для цього використовують трафарети, штампи і т.д.

В натурному компоунанні замість моделі використовують реальні елементи: резистори, конденсатори і т.д.

Компоунання блоків РЕС розглядається в трьох аспектах:

- із врахуванням вимог зручності складання, контролю, ремонту, механічного і електричного з'єднань, при цьому враховуються передусім ергономічні вимоги.

- функціональне компоунання – розміщення і встановлення елементів на друкованих платах з урахуванням функціональних і енергетичних вимог, а також щільності компоунання і встановлення елементів, щільності топології друкованих провідників [16].

Попереднє компоунання перших двох аспектів полягає в визначенні форми і габаритних розмірів.

Функціональне компоунання проводиться з метою визначення основних розмірів друкованої плати, вибору способів проектування і виготовлення. Для проведення функціонального компоунання достатній перелік елементів. У випадку насиченого, складного компоунання, крім переліку елементів необхідна принципова електрична схема приладу, крім того, доцільно мати додаткові вказівки про особливості даної схеми.

Під час розробки конструкції приладу необхідно провести компоунання на двох рівнях:

1 – компоунання друкованої плати з необхідною прив'язкою груп елементів за функціональними групами, теплової сумісності з мінімізацією довжин з'єднувальних провідників;

2 – зовнішня компоунання приладу, з урахуванням всіх вимог. До вимог відносять технологічність і ремонтпридатність. Тобто слід здійснити внутрішнє і зовнішнє компоунання приладу з урахуванням вимог ТЗ.

### 3.6 Розробка різних варіантів конструкції

Виходячи з того, що окремо до корпусу пристрою кріпиться лише друкована плата і модуль Bluetooth, а також необхідності передбачити отвори для роз'ємів (оскільки вони містяться на платі), в конструкції немає ніяких складних деталей, отже вибирається форма корпусу у вигляді прямокутного паралелепіпеда. Розглядаються три варіанти конструкції.[8]

В *першому варіанті* плату розміщено у пластмасовому корпусі, в якому передбачено отвори під роз'єми. В такому випадку корпус має прямокутну форму – зручно і ефективно використовується простір і мінімальні зайві порожнини.

Дана конструкція проста і ремонтпридатна, кришка з корпусом скріплюється за допомогою заціпок. Плата розміщена у горизонтальній площині, що сприяє хорошему тепловому режиму роботи пристрою. Пластмаса має гарні діелектричні властивості. При такому варіанті конструкції значно спрощується розбірність, зменшується маса. До негативних показників можна віднести низьку ударостійкість.

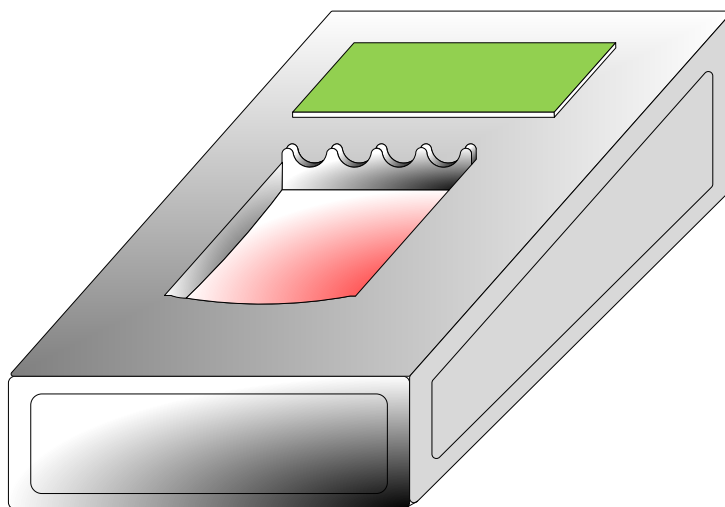


Рисунок 3.1– Перший варіант компоновання

*Другий варіант* конструкції передбачає аналогічне оформлення приладу, але корпус зроблений металевим – з алюмінію. Це надасть пристрою стійкості до ударів, екранує його для запобігання завад, проте істотно зросте маса корпусу.

*Третій варіант* конструкції відрізняється від попередніх тим, що в ньому доданий відсік акумуляторний. За рахунок цього зросте довжина і ширина

пристрою, але зменшиться висота. Корпус – також пластмасовий, як і в першому варіанті.[14]

Для вибору оптимального варіанту конструкції оберемо перший за базовий (він відповідає вимогам технічного завдання), і обчислимо маси, габарити, надійності і собівартості пристроїв, щоб мати можливість порівняти їх і визначити найкращий варіант із трьох.

### 3.7 Визначення розмірів і маси конструкцій

Спочатку визначимо орієнтовні габаритні розміри плати за формулою:

$$S_{\text{плати}} = \sum S_{\text{уст}} \cdot q, \quad (3.3)$$

де  $\sum S_{\text{уст}}$  – сума установочних площ усіх радіоелементів, що знаходяться на платі,

$q$  – коефіцієнт запасу,  $q = 2 \dots 4$ .

Знаходимо  $\sum S_{\text{уст}}$ , додавши дані з таблиці 3.1:

$$\sum S_{\text{уст}} = 1370,19 \text{ мм}^2 \approx 24 \text{ см}^2$$

маємо орієнтовну площу плати:

$$S_{\text{плати}}^{\text{ор}} = 1370,19 \times (2 \dots 4) = (2740 \dots 5480) \text{ мм}^2.$$

Реальні розміри плати після трасування становлять  $120 \times 60$  мм, при цьому площа плати:

$$S_{\text{плати}} = 120 \cdot 60 = 7200 \text{ мм}^2 = 72 \text{ см}^2.$$

Висота корпусу кардіографа залежить від максимальної висоти радіокомпонентів.

В даному випадку у пристрої таким є трансформатор Т1:

$$h_{\text{max}} = h_{\text{ZQ1}} = 9,5 \text{ мм}.$$

Габаритні розміри приладу, скомпонованого за першим варіантом, визначаємо наступним чином.

Внутрішній об'єм залежить від об'єму, який займає плата з радіокомпонентами (плюс певний запас).

Для першого варіанту матимемо наступні результати.

Внутрішні розміри:

$$\text{а) висота } h_{\text{вн}} = h_{\text{max}} + \delta = 9,5 + 24 = 33,5 \text{ мм};$$



б) довжина  $a_{\text{вн}} = 120 + 13 = 133$  мм;

в) ширина  $b_{\text{вн}} = 60 + 18 = 78$  мм;

зовнішні габарити (із врахуванням товщини корпусу):

а) висота  $h_{\text{зовн}} = h_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 33,5 + 2 \times 1 = 35,5$  мм;

б) довжина  $a_{\text{зовн}} = a_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 133 + 2 = 135$  мм;

в) ширина  $b_{\text{зовн}} = b_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 78 + 2 = 80$  мм.

Об'єм корпусу:

$$V_{\text{корп}} = V_{\text{зовн}} = 3,55 \cdot 13,5 \cdot 8,0 = 353(\text{см}^3).$$

Об'єм пристрою:

$$V_{\text{прист}}^I = V_{\text{корп}} = 353(\text{см}^3).$$

Для другого варіанту:

а) висота  $h_{\text{вн}} = h_{\text{мах}} + \delta = 9,5 + 24 = 33,5$  мм;

б) довжина  $a_{\text{вн}} = 120 + 13 = 133$  мм;

в) ширина  $b_{\text{вн}} = 60 + 18 = 78$  мм;

зовнішні габарити (із врахуванням товщини корпусу):

а) висота  $h_{\text{зовн}} = h_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 33,5 + 2 \times 1 = 35,5$  мм;

б) довжина  $a_{\text{зовн}} = a_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 133 + 2 = 135$  мм;

в) ширина  $b_{\text{зовн}} = b_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 78 + 2 = 80$  мм.

Об'єм корпусу:

$$V_{\text{корп}} = V_{\text{зовн}} = 3,55 \cdot 13,5 \cdot 8,0 = 353(\text{см}^3).$$

Об'єм пристрою:

$$V_{\text{прист}}^I = V_{\text{корп}} = 353(\text{см}^3).$$

Для третього варіанту (із врахуванням наявності акумулятора):

а) висота  $h_{\text{вн}} = h_{\text{мах}} + \delta = 9,5 + 24 = 33,5$  мм;

б) довжина  $a_{\text{вн}} = 120 + 53 = 173$  мм;

в) ширина  $b_{\text{вн}} = 60 + 18 = 78$  мм;

зовнішні габарити (із врахуванням товщини корпусу):

а) висота  $h_{\text{зовн}} = h_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 33,5 + 2 \times 1 = 35,5$  мм;

б) довжина  $a_{\text{зовн}} = a_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 173 + 2 = 175$  мм;

в) ширина  $b_{\text{зовн}} = b_{\text{вн}} + 2 \times t_{\text{стінки}} = 78 + 2 = 80$  мм.

Об'єм корпусу:

$$V_{КОРП} = V_{ЗОВН} = 3,55 \cdot 17,5 \cdot 8,0 = 435(\text{см}^3).$$

Об'єм пристрою:

$$V_{ПРИСТ}^I = V_{КОРП} = 435(\text{см}^3).$$

Знаходимо об'єм плати:

$$V_{ПЛ} = S_{ПЛАТИ} \times h_{ПЛАТИ} = 72 \times 0,15 = 10,8 (\text{см}^3).$$

Знаходимо масу плати:

$$m_{ПЛ} = V_{ПЛ} \times \rho_{ТЕКСТ} = 10,8 \times 1,4 = 15,12 (\text{г}),$$

Масу радіоелементів знайдемо з таблиці 3.1. Маса елементів, що розміщені на платі:

$$m_{ЕЛ}^{ПЛ.} = 37,15 (\text{г}),$$

а маса елементів поза платою:

$$m_{ЕЛ}^{КОР.} = 5,1 (\text{г}),$$

і сумарна маса елементів:

$$m_{ЕЛ} = m_{ЕЛ}^{ПЛ.} + m_{ЕЛ}^{КОР.} = 37,15 + 5,1 = 42,25 (\text{г}).$$

Маса елементів для другого варіанту буде аналогічною, оскільки в ньому використовуються ті ж радіоелементи, а от для третього (з акумулятором):

$$m_{ЕЛ3} = m_{ЕЛ}^{ПЛ.} + m_{ЕЛ}^{КОР.} + m_{АК.} = 42,5 + 73 = 115,5 (\text{г}).$$

Маса пристрою складається із маси корпусу, плати і елементів.

Для першого варіанту:

Маса корпусу:

$$m_{КОРП} = (V_{ЗОВН} - V_{ВН}) \cdot \rho_{МАТ} = (353 - 3,55 \cdot 13,5 \cdot 8,0) \cdot 1,35 = 55,35(\text{г}),$$

маса пристрою:

$$m_{ПРИСТ}^I = m_{КОРП} + m_{ПЛ} + m_{ЕЛЕМ} = 55,35 + 13,12 + 42,25 = 115,72 (\text{г}).$$

Для другого варіанту:

Маса корпусу:

$$m_{КОРП} = (V_{ЗОВН} - V_{ВН}) \cdot \rho_{МАТ} = (353 - 3,55 \cdot 13,5 \cdot 8,0) \cdot 2,7 = 123,1 (\text{г}),$$

маса пристрою:

$$m_{\text{прист}}^{\text{II}} = m_{\text{корп}} + m_{\text{пл}} + m_{\text{елем}} = 123,1 + 13,12 + 42,25 = 175,5 \text{ (г)}.$$

Для третього варіанту:

$$m_{\text{корп}} = (V_{\text{зовн}} - V_{\text{вн}}) \cdot \rho_{\text{мат}} = (435 - 3,55 \cdot 13,5 \cdot 8,0) \cdot 1,35 = 156,5 \text{ (г)},$$

маса пристрою:

$$m_{\text{прист}}^{\text{III}} = m_{\text{корп}} + m_{\text{пл}} + m_{\text{елем}} = 156,5 + 13,12 + 42,25 = 213,9 \text{ (г)}.$$

Отримані дані заносяться у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри варіантів компоновання

Параметр	I	II	III
m, г	115,72	175,5	213,9
V, см <sup>3</sup>	353	353	435

### 3.8 Вибір оптимального варіанту конструкції

Вибір оптимального варіанту конструкції здійснюють шляхом розрахунку показника:

$$K = \frac{m^i}{m^{TЗ}} K_m + \frac{V^i}{V^{TЗ}} K_V, \quad (3.4)$$

де  $V^{TЗ}$ ,  $m^{TЗ}$  – об'єм та маса згідно технічного завдання;

$K_m$ ,  $K_V$  – вагові коефіцієнти, які визначають в залежності від умов експлуатації. Їх вибираємо наступними:

$$K_m = 0,6, \quad K_V = 0,4.$$

Оптимальним буде той варіант, у якого показник  $K$  найменший.

За базовий варіант компоновання приладу приймаються обмеження, вказані у ТЗ, інші варіанти порівнюються з ним.

Для I варіанту:

$$K_1 = \frac{115,72}{150} \cdot 0,6 + \frac{353}{500} \cdot 0,4 = 0,61.$$

Для II варіанту :

$$K_2 = \frac{132}{150} \cdot 0,6 + \frac{109}{162} \cdot 0,4 = 0,65.$$

Для III варіанту :

$$K_3 = \frac{130}{150} \cdot 0,6 + \frac{140}{162} \cdot 0,4 = 0,69.$$

Розрахунок показує, що коефіцієнт  $K$  найменший для першого варіанту компоновання конструкції, тому він буде оптимальним.

Таким чином, нам вдалося мінімізувати розміри пристрою і досягти оптимального розміщення елементів у корпусі.

### 3.9 Вибір типу друкованої плати

Плати бувають односторонні, двосторонні (із з'єднанням шарів та без нього) та багатошарові (з послідовним з'єднанням шарів, з попарним з'єднанням шарів і з наскрізними отворами).

Односторонні плати характеризуються:

- а) установкою радіоелементів безпосередньо на поверхню матеріалів;
- б) можливим використанням додаткових перемичок (до 5%);
- в) низькою вартістю і 1-2-ми класами щільності.

Двосторонні плати характеризуються:

- а) високими комутативними якостями;
- б) підвищеною міцністю з'єднання;
- в) більш високою вартістю.

Даний пристрій має у своєму складі мікросхеми, причому половина радіокомпонентів – без дротяних виводів, поверхневого монтажу. Тому, оберемо

односторонню плату третього класу точності – це дозволить уникнути зайвих перемичок та спростить електронного трасування у пакеті САПР.

### 3.10 Вибір і обґрунтування класу точності друкованої плати

Для даного виробу, з огляду на те, що крок координатної сітки, згідно ГОСТ 10317-82, становить 1,25 мм, і трасування ускладнене, оптимальним варіантом буде вибір 3-го класу точності друкованої плати.

Даний клас характеризується наступними елементами конструкції:

- а) ширина провідника в широких місцях \_\_\_\_\_ 0,45 мм;
- б) ширина провідника у вузьких місцях \_\_\_\_\_ 0,25 мм;
- в) відстань між двома провідниками \_\_\_\_\_ 0,25 мм;
- г) гарантійний поясок зовнішнього шару \_\_\_\_\_ 0,1 мм;
- д) гарантійний поясок внутрішнього шару \_\_\_\_\_ 0,05 мм.

В широких місцях ширина провідника задається наступним класом – для третього це буде другий клас.

### 3.11 Вибір матеріалу друкованої плати

До матеріалу висуваємо наступні вимоги:

- а) висока технологічність;
- б) високі електрофізичні властивості;
- в) можливість працювати в умовах вакууму;
- г) забезпечення високої адгезії;
- д) мінімальні механічні короблення.

Таблиця 3.3 – Властивості матеріалів друкованих плат

Параметр	Гетинакс	Текстоліт	Склотекстоліт
Густина діелектрика без фольги, кг/м <sup>3</sup>	1300...1400	1300...1500	1600...1900
Відносна діелектрична проникність	4,5...6	4,5...6	5...6
Питомий об'ємний опір, Ом·м	10 <sup>12</sup> ...10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup> ...10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup> ...10 <sup>15</sup>
Діапазон робочих температур, °С	-60...+80	-60...+70	-60...+100
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м*К)	0,25...0,3	0,23...0,34	0,34...0,74
Температурний коефіцієнт лінійного розширення, 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	22	22	8...9

Найчастіше для виготовлення друкованої плати використовують склотекстоліт і гетинакс, марок: [10]

- ГФ – фольгований гетинакс;
- СФ – фольгований склотекстоліт;
- ФГС – склотекстоліт фольгований травильний;
- СФПН – склотекстоліт фольгований нагрівостійкий;
- СТФ – склотекстоліт теплостійкий.

Товщина друкованої плати визначається товщиною вихідного матеріалу і вибирається залежно від елементної бази та навантажень.

Найкращі параметри, згідно таблиці 3.3, має склотекстоліт. Тому за матеріал для друкованої плати обираємо склотекстоліт фольгований двосторонній, марки СФ-2-35-1,5, який має товщину фольги 35 мкм, товщина матеріалу з фольгою 1,5 мм. Він застосовується для виготовлення двосторонніх та односторонніх друкованих плат.

### 3.12 Вибір методу проектування друкованої плати

Установка навісних елементів на друкованій платі здійснюється згідно з ОСТ4.ГО.010.030 та ОСТ4.ГО.010.009. При розташуванні елементів необхідно враховувати наступні фактори: забезпечення високої надійності, мінімізація габаритних розмірів, забезпечення тепловідводу та ремонтпридатності.[9]

При трасуванні провідників потрібно досягти мінімальних довжин зв'язків, мінімізації паразитних зв'язків між провідниками та елементами, по можливості, потрібно виконати рівномірне розподілення навісних елементів на платі [13].

У зв'язку з ускладненим трасуванням крок координатної сітки вибирається рівним 2,54 мм. Згідно з ГОСТ 2.417-78, вузол координатної сітки розташовується у початку координат. Далі всі операції здійснюються автоматизовано, використовуючи програму "Visio-2010", що дає змогу проставляти зв'язки між об'єктами як в ручному, так і в напівавтоматичному режимі.

За допомогою панелі інструментів для малювання наводяться контури плати, і здійснюються робота із графічними зображеннями та їх сполученням.

### 3.13 Розрахунок діаметрів контактних площадок

Діаметр контактних площадок розраховується відповідно до діаметру отворів за формулою: [5]

$$D_{\text{КП}} = d_{\text{отв}} + \Delta d_{\text{отв}} + 2v + \Delta t_{\text{в}} + \Delta t_{\text{тр}} + \sqrt{T_d^2 + T_B^2 + T_{\text{нв}}^2}, \quad (3.5)$$

де  $d_{\text{отв}}$  – діаметр отвору;

$\Delta d_{\text{отв}}$  – верхній допуск на діаметр отвору,  $\Delta d_{\text{отв}} = +0$  мм;

$v$  – ширина гарантійного пояса,  $v = 0,1$  мм;

$\Delta t_{\text{в}}$  – верхній допуск на ширину провідника,  $\Delta t_{\text{в}} = 0,1$  мм;

$\Delta t_{\text{тр}}$  – допуск на підтравлювання діелектрика в отворі,  $\Delta t_{\text{тр}} = 0$ ;

$T_d$  – позиційний допуск розміщення отворів,  $T_d = 0,08$  мм;

$T_D$  – позиційний допуск розміщення центрів контактних площадок,

$T_D = 0,15$  мм;

$\Delta t_{\text{нв}}$  – нижній допуск на ширину провідника,  $\Delta t_{\text{нв}} = 0,1$  мм.

Загальний допуск становить:

$$\Delta D_{\text{КП}} = 0 + 2 \cdot 0,1 + 0,1 + 0 + \sqrt{0,08^2 + 0,15^2 + 0,1^2} = 0,5 \text{ мм.}$$

Діаметри отворів розраховуються за формулою:

$$d = d_{\text{вив}} + (0,2..0,4), \quad (3.6)$$

де  $d_{\text{вив}}$  – діаметри виводів радіоелементів.

В даному приладі елементи мають наступні діаметри виводів:

$$0,3; 0,5; 1,0 \text{ мм.}$$

Проводиться оптимізація діаметрів отворів:

$$d_1 = 0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ мм;}$$

$$d_2 = 0,5 + 0,3 = 0,8 \text{ мм;}$$

$$d_3 = 1,0 + 0,2 = 1,2 \text{ мм.}$$

Отримано три діаметри отворів:

$$d_1 = 0,6 \text{ мм;}$$

$$d_2 = 0,8 \text{ мм;}$$

$$d_3 = 1,2 \text{ мм.}$$

Знаходяться діаметри контактних площадок:

$$D_1 = 0,6 + 0,5 = 1,1 \text{ мм;}$$

$$D_2 = 0,8 + 0,5 = 1,3 \text{ мм;}$$

$$D_3 = 1,2 + 0,5 = 1,7 \text{ мм;}$$

### 3.14 Розрахунок ширини друкованих провідників

Розрахунок ширини провідників проводиться за максимальним струмом і за падінням напруги, а також ширина задається і технічно, виходячи із класу точності друкованої плати. Тоді ширина провідника:

$$B = \max \{ b_{\text{min1}}, b_{\text{min1}}, b_{\text{тех}} \}. \quad (3.7)$$



За максимальним струмом, що протікає через провідник:

$$b_{\min 1} = \frac{j_{\text{доп}}^2}{j_{\text{доп}} t}, \quad (3.8)$$

де  $j_{\text{доп}}$  – допустима густина струму, для двосторонньої плати, виготовленої комбінованим методом,  $j_{\text{доп}} = 48 \text{ А/мм}^2$ ,

$t$  – товщина провідника,  $t = 35 \text{ мкм}$ ,

$I_{\text{max}}$  – максимальний постійний струм, який проходить через провідник,  $I_{\text{max}} = 0,05 \text{ А}$ .

$$b_{\min 1} = \frac{0,05}{48 \cdot 35} = 5 \text{ мкм} (< 250 \text{ мкм за III класом}).$$

Визначимо мінімальну ширину провідника з умови допустимого падіння напруги :

$$b_{\min} = \frac{j_{\text{доп}}^2 \cdot \rho \cdot l_{\text{max}}}{\Delta U_{\text{доп}} \cdot t}, \quad (3.9)$$

де  $\rho$  – питомий опір провідників,  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ ,

$I_{\text{max}}$  – струм, який проходить по провіднику,  $I_{\text{max}} = 0,05 \text{ А}$ ,

$l_{\text{max}}$  – максимальна довжина провідника,  $l_{\text{max}} = 0,0588 \text{ м}$ ,

$U_{\text{доп}}$  – допустиме падіння напруги (становить не більше 5% від напруги живлення  $U_{\text{доп}} = 5 \cdot 0,05 = 0,25 \text{ В}$ ),

$t$  – товщина провідника.

$$b_{\min} = \frac{0,05 \cdot 0,0175 \cdot 0,0588}{0,25 \cdot 0,035} = 0,058 \text{ мм} = 58 \text{ мкм} (< 250 \text{ мкм}).$$

Розраховані значення ширини провідників не перевищують технологічну, тому:

$$B = b_{\text{тех}} = 0,25 \text{ мм.}$$

### 3.15 Вібродозрахунок плати

Спочатку визначаємо частоту власних коливань за формулою:

$$f_0 = \frac{\pi}{2 \cdot a^2} \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) \sqrt{\frac{D}{M} ab}, \quad (3.10)$$

де  $a, b$  – довжина і ширина плати:  $a = 120 \text{ мм}$ ,  $b = 60 \text{ мм}$ ;

$D$  – циліндрична жорсткість:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}, \quad (3.11)$$

$E$  – модуль пружності, для фольгованого склотекстоліту з друкованою схемою  $E = 3,2 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$ ;

$h$  – товщина плати,  $h = 1,5 \text{ мм}$ ;

$\nu$  – коефіцієнт Пуассона,  $\nu = 0,279$ ;

$M$  – маса плати з радіоелементами,  $M = 13,12 + 42,25 \approx 55,37 \text{ г}$ .

$$D = \frac{3,2 \cdot 10^{10} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^3}{12 \cdot (1 - 0,279^2)} = 9,46;$$

$$f_0 = \frac{3,14}{2 \cdot 0,12^2} \cdot \left(1 + \frac{0,12^2}{0,06^2}\right) \cdot \sqrt{\frac{9,46}{0,0115} \cdot 0,03 \cdot 0,05} = 2325 \text{ Гц};$$

$$f \neq f_p$$

$$2325 \text{ Гц} \neq 50 \text{ Гц.}$$

Отже, частота власних коливань не співпадає з резонансною частотою.

Визначаємо коефіцієнт динамічності:

$$K_{\text{дин}} = \frac{\sqrt{(1 + [K_1(x)K_1(y) - 1]\gamma^2)^2 + \varepsilon_{11}^2 \gamma^2}}{\sqrt{(1 - \gamma^2)^2 + \varepsilon_{11}^2 \gamma^2}}, \quad (3.12)$$

де  $K(x)$ ,  $K(y)$  – залежність коефіцієнта від коливань. Коли обидва краї закріплені  $K(x) = K(y) = 1,3$ ;

$\gamma$  – коефіцієнт розстроювання,  $\gamma = f/f_p = 50/2325 = 0,017$ ;

$\varepsilon$  – показник затухання,  $\varepsilon = \lambda/\pi \approx 0,01$ ;

$\lambda$  – декремент затухання  $\lambda = (2..10) \cdot 10^{-2}$ .

$$K_{\text{дин}} = \sqrt{\frac{(1 + [1,3 \cdot 1,3 - 1] \cdot 0,017^2)^2 + 0,01^2 \cdot 0,017^2}{(1 - 0,017^2)^2 + 0,01^2 \cdot 0,017^2}} = 1,0007.$$

Віброміщення:

$$S_B = \xi_0 \cdot K_d; \quad \xi_0 = \frac{a_0}{4\pi^2 (f_p)^2}, \quad (3.13)$$

де  $a_0$  – віброприскорення згідно технічного завдання,  $a_0 = 19,8 \text{ м/с}^2$ ;

$$\xi_0 = \frac{9,75}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 2325^2} = 3,75 \cdot 10^{-8} \text{ м},$$

$$S_B = 3,55 \cdot 10^{-8} \cdot 1,0007 = 3,59 \cdot 10^{-8} \text{ м},$$

віброприскорення:

$$a_B = a_0 \cdot K_d = 19,8 \cdot 1,0007 = 19,8 \text{ м/с}^2.$$

Визначаємо прогин плати:

$$\delta = S_B - \xi_0 = 3,75 \cdot 10^{-8} - 3,59 \cdot 10^{-8} = 2,51 \cdot 10^{-11} \text{ м};$$

Розрахунок показує, що таке переміщення не призведе до дефектів та порушення цілісності плати.

### 3.16 Розрахунок на завадостійкість

Для оцінки завадостійкості на друкованій платі визначають паразитну ємність між друкованими провідниками і паразитну взаємоіндукцію між ними.

Паразитна ємність між двома друкованими провідниками: [7]

$$C = \frac{1,06 \cdot \varepsilon \cdot l_1}{\lg\left(\frac{2a}{t+b}\right)} \quad (3.14)$$

де  $l_1$  – довжина взаємного перекриття провідників,  $l_1 = 0,0076$  м;

$a$  - відстань між провідниками;

$t$  і  $b$  - товщина і ширина провідника відповідно;

$\varepsilon$  – діелектрична проникність середовища для провідників:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\text{п}} + \varepsilon_{\text{л}}}{2}, \quad (3.15)$$

де  $\varepsilon_{\text{п}}$  – діелектрична проникність матеріалу плати,  $\varepsilon_{\text{п}} = 6$ ;

$\varepsilon_{\text{л}}$  – діелектрична проникність матеріалу лаку,  $\varepsilon_{\text{л}} = 4$ .

$$\varepsilon = \frac{6 + 4}{2} = 5;$$

$$C = \frac{1,06 \cdot 5 \cdot 0,0076}{\lg\left(\frac{2 \cdot 0,43 \cdot 10^{-3}}{35 \cdot 10^{-6} + 0,55 \cdot 10^{-3}}\right)} = 0,03 \text{ пФ} (< 1 \text{ пФ}).$$

Паразитна взаємоіндуктивність між двома друкованими провідниками:

$$M = 2 \cdot l_2 \cdot \left( \ln \frac{2l_2}{a+b} \right). \quad (3.16)$$

де  $l_2$  – довжина перекриття сусідніх провідників,  $l_2 \approx 0,0152$  м.

$$M = 2 \cdot 0,0152 \cdot \ln \frac{2 \cdot 0,0152}{0,00043 + 0,00055} = 0,11 \text{ мГн}$$

Паразитна індуктивність найдовшого друкованого провідника:

$$L = l_{\text{пд}} \cdot l_3 \quad (3.17)$$

де  $l_3$  – довжина провідника,  $l_3 \approx 0,059$  м,  $l_{\text{пд}}$  – погонна індуктивність, мкГн/м.

$$L = 1,8 \cdot 0,059 = 0,1 \text{ мкГн} (< 1 \text{ мкГн}).$$

Отримані значення ємності та індуктивності становлять менше допустимих величин.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок кошторису витрат на проведення НДДКР з дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні

Кошторис витратна проведення НДДКР з дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні особи може передбачати наступні основні витрати:

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою [2]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (4.1)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

$T_p$  – число робочих днів в місяці, 22 дні;

$t$  – число днів роботи розробника (дослідника).

Таблиця 4.1 – Основна заробітна плата розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1. Керівник проекту	10350,00	470,45	32	15054,55
2. Інженер-конструктор I кат.	8750,00	397,73	10	3977,27
3. Консультант (експерт-криміналіст)	8250,00	375,00	15	5625,00
4. Інженер-радіотехнік	7680,00	349,09	22	7680,00
5. Науковий співробітник	9000,00	409,09	22	9000,00
6. Інженер-схемотехнік	8750,00	397,73	16	6363,64
7. Лаборант	6700,00	237,27	32	7592,73
Разом прибл.				55293,18

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ), що здійснюють підготовчі роботи для НДДКР з дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації особи, виготовлення експериментального пристрою, складання та попереднє налагодження, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \quad (4.2)$$

де  $t_i$  - норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

$n$  - число робіт по видах та розрядах;

$K_c$  - коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками,  $K_c=1.68$ ;

$C_i$  - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

$C_i$  визначається за формулою[2]:

$$C_i = \frac{M_n \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}}, \quad (4.3)$$

де,  $M_n$  – прожитковий мінімум для працездатних, грн.,  $M_n = 2192,00$  грн.;

$K_i$  - тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

$T_p$  - число робочих днів в місяці,  $T_p = 22$  дн.;

$T_{зм}$  - тривалість зміни,  $T_{зм} = 8$  годин.

Таблиця 4.2 – Витрати на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, нормо-годин	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1. Монтаж макетної схеми	4,25	4	1,5	35,57	151,15
2. Наладка	3,2	5	1,7	40,31	128,98
3. Випробування	6,65	3	1,35	32,01	212,86
4. Виготовлення друкованої плати	2,2	4	1,5	35,57	78,24
5. Виготовлення корпусу	1,8	4	1,5	35,57	64,02
6. Монтаж плати	1,5	4	1,5	35,57	53,35
7. Монтаж інтерфейсу	0,8	3	1,35	32,01	25,61
8. Наладка інтерфейсу	1,5	3	1,35	32,01	48,01
9. Складання пристрою	0,6	3	1,35	32,01	19,21
10. Наладка пристрою	1,6	5	1,7	40,31	64,49
11. Регулювання компонентів пристрою	0,8	5	1,7	40,31	32,25
12. Випробування пристрою	0,8	3	1,35	32,01	25,61
13. Регулювання пристрою	0,2	5	1,7	40,31	8,06
Разом					911,84

Додаткова заробітна плата розробників та робітників, які приймали участь в проведені НДДКР з дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні.

Додаткова заробітна плата розраховується як 10 % від основної заробітної плати розробників та робітників:

$$Z_d = Z_o \cdot 10 / 100\% \quad (4.4)$$

$$Z_d = (55293,18 + 911,84) \cdot 10 / 100 \% = 5620,50 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22% від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$H_3 = (Z_o + Z_d) \cdot 22 / 100\% \quad (4.5)$$

$$H_3 = (55293,18 + 911,84 + 5620,50) \cdot 22 / 100\% = 13601,61 \text{ (грн.)}$$

Витрати на матеріали, що були використані на розробку компонентів, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою[2]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i , \quad (4.6)$$

де, -  $H_i$  - витрати матеріалу  $i$ -го найменування, кг;

$C_i$  - вартість матеріалу  $i$ -го найменування, грн./кг.;

$K_i$  - коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ ;

$n$  - кількість видів матеріалів,

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.



Таблиця 4.3 – Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Одиниць виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Папірофісний канцелярський (А4)	уп.	135,00	4,0	540,00
Носій інформації (компакт-диск)	шт.	11,20	4,0	44,80
Канцелярські товари	компл.	165,00	6,0	990,00
Картридж для принтера Canon SLJ1324	шт.	1760,00	1,0	1760,00
Лак УР-231	кг	210,00	0,05	10,50
Флюс БС-2	кг	260,00	0,01	2,60
Припой ПОС-61	кг	356,00	0,0150	5,34
Дріт МЛШ-13	кг	45,00	0,0400	1,80
Склотекстоліт СФ-2-35	кг	180,00	0,1200	21,60
Розчин для травлення	л	96,00	0,7000	67,20
Полістиролу ударостійкий білий	кг	256,00	0,100	25,6
Всього				3469,44

З врахуванням транспортних витрат вартість матеріалів для проведення науково-дослідної роботи складе

$$M = 3469,44 \cdot 1,1 = 3816,38 \text{ (грн.)}$$

Витрати на комплектуючі, що були використані на проведення НДДКР з дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні, розраховуються за формулою:

$$N = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (4.7)$$

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

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

$K_i$  - коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ ;

$n$  - кількість видів матеріалів.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця 4.4 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Трансформатор	1	48,0	48
Діоди	8	5,0	40
Кварцовий резонатор	1	27,5	275
Конденсатори	35	5,0	175
Світлодіоди	2	20,0	40
Резистори	50	4,5	225
Мікросхеми	7	230,0	1610
Роз'єми	6	50,0	300
Витратні матеріали	1	400	400
трансформатор	1	48,0	48
Діоди	8	5,0	40
Кварцовий резонатор	1	27,5	275
Конденсатори	35	5,0	175
Світлодіоди	2	20,0	40
Резистори	50	4,5	225
Мікросхеми	7	230,0	1610
Разом прибіл.			2865,50

Витрати на комплектуючі з урахуванням транспортних витрат складають:

$$H = 2865,50 \cdot 1,1 = 3152,05 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, яке використовувалось на проведення НДДКР з дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації особи.

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_е} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (4.8)$$

де  $Ц_б$  – балансова вартість обладнання, приміщень тощо, які використовувались для розробки нового технічного рішення, грн.;

$t_{вик}$  – термін використання обладнання, приміщень під час розробки, місяців;

$T_е$  – строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, років.

Всі проведені розрахунки амортизаційних відрахувань зведемо до таблиці (табл.).

Таблиця 4.5 - Величина амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Обчислювальний центр та комп'ютеризована система проектування	16660,00	5	2	555,33
Вимірювальний комплекс	10270,00	5	2	342,33
Генератор сигналу	6770,00	5	2	225,67
Осцилограф	7350,00	5	2	245,00
Оптичний сканер	4640,00	5	2	154,67
Монтажнообладнання	2720,00	4	2	113,33
Програмнезабезпечення	8390,00	3	2	466,11
Лабораторія	425600,00	25	2	2837,33
Монтажнийінструмент	1880,00	4	2	78,33
Всього				5018,11

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (4.9)$$

де,  $V$  - вартість 1 кВт-години електроенергії,  $V = 6,2$  грн./кВт –година;

$P$  - встановлена потужність обладнання, кВт.;

$\Phi$  - фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

$K_n$  - коефіцієнт використання потужності.

Всі проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.6

Таблиця 4.6 - Витрати на силову електроенергію

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
Обчислювальний центр та комп'ютеризована система проектування	240,00	0,85	1	450,84
Вимірювальний комплекс	40,00	0,76	1	67,18
Генератор сигналу	12,00	0,52	1	13,79
Осцилограф	56,00	0,32	1	39,60
Оптичний сканер	16,00	0,36	0,95	12,09
Монтажнообладнання	12,50	0,4	0,92	10,17
Всього				593,68

Інші витрати.

Інші витрати охоплюють: загальновиробничі витрати, адміністративні витрати, витрати на збут тощо. Інші витрати доцільно приймати як 200...300% від суми основної заробітної плати розробників та робітників.

Величина інших витрат складе:

$$I = (55293,18 + 911,84) * 200\% / 100 = 112410,04 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати на проведення розробки конструкції.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення НДДКР з дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації особи:

$$B = 55293,18 + 911,84 + 5620,50 + 13601,61 + 3816,38 + 3152,05 + 5018,11 + 593,68 + 112410,04 = 198443,85 \text{ (грн.)}$$

#### 4.2 Розрахунок собівартості виготовлення пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні

Витрати на матеріали, що були використані на розробку пристрою, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою[3]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i , \quad (4.10)$$

де, -  $H_i$  - витрати матеріалу  $i$ -го найменування, кг;

$C_i$  - вартість матеріалу  $i$ -го найменування, грн./кг.;

$K_i$  - коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ ;

$n$  - кількість видів матеріалів,

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця 4.7– Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Лак УР-231	кг	210	0,05	10,50
Флюс БС-2	кг	260	0,01	2,60
Припой ПОС-61	кг	356	0,015	5,34
Дріт МЛШ-13	кг	45	0,04	1,80
Склотекстоліт СФ-2-35	кг	180	0,12	21,60
Розчин для травлення	л	96	0,7	67,20
Полістиролу ударостійкий білий	кг	256	0,1	25,6
Всього				134,64

Вартість основних матеріалів з урахуванням транспортних витрат складає

$$M = 134,64 \cdot 1,1 = 148,10 \text{ (грн.)}$$

Витрати на комплектуючі, що були використані на виготовлення пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні, розраховуються за формулою:

$$H = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i , \quad (4.11)$$

де:  $N_i$  — кількість комплектуючих  $i$ -го виду, шт.;  
 $C_i$  — покупна ціна комплектуючих  $i$ -го виду, грн.;  
 $K_i$  - коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ ;  
 $n$  - кількість видів матеріалів.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця 4.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Трансформатор	1	48,0	48
Діоди	8	5,0	40
Кварцовий резонатор	1	27,5	275
Конденсатори	35	5,0	175
Світлодіоди	2	20,0	40
Резистори	50	4,5	225
Мікросхеми	7	230,0	1610
Роз'єми	6	50,0	300
Витратні матеріали	1	400	400
Трансформатор	1	48,0	48
Діоди	8	5,0	40
Кварцовий резонатор	1	27,5	275
Конденсатори	35	5,0	175
Світлодіоди	2	20,0	40
Резистори	50	4,5	225
Мікросхеми	7	230,0	1610
Разом прибл.			2865,50

Витрати на комплектуючі з урахуванням транспортних витрат складають:

$$H = 2865,50 \cdot 1,1 = 3152,05 \text{ (грн.)}$$

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ), що здійснюють виготовлення пристрою, складання та попереднє налагодження, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою[3]:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \quad (4.12)$$

де  $t_i$  - норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;  
 $n$  - число робіт по видах та розрядах;

$K_c$  - коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками,  $K_c = 1,68$ ;

$C_i$  - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

$C_i$  визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (4.13)$$

де,  $M_m$  – прожитковий мінімум для працездатної особи, грн.,  $M_m = 2192,00$  грн.;

$K_i$  — тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

$T_p$  — число робочих днів в місяці,  $T_p = 22$  дн.;

$T_{zm}$  — тривалість зміни,  $T_{zm} = 8$  годин.

Проведені розрахунки заносимо до таблиці.

Таблиця 4.9 – Витрати на основну заробітну плату робітників

Найменуванняробіт	Трудоміст- кість, нормо- годин	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
Виготовленнядрукованої плати	0,42	4	1,5	35,57	14,94
Виготовлення корпусу	0,21	6	2	47,42	9,96
Монтаж плати	0,12	5	1,7	40,31	4,84
Монтаж інтерфейсу	0,3	6	2	47,42	14,23
Наладка інтерфейсу	0,1	5	1,7	40,31	4,03
Складання пристрою	0,4	4	1,5	35,57	14,23
Наладка пристрою	0,3	6	2	47,42	14,23
Регулюваннякомпоненті в пристрою	0,52	7	2,2	52,16	27,12
Випробування пристрою	0,35	5	1,7	40,31	14,11
Регулювання пристрою	0,1	7	2,2	52,16	5,22
Разом прибл.					122,89

Додаткова заробітна плата робітників, які приймали участь в виготовленні пристрою для біометричної ідентифікації особи.

Розраховується як 10 % від основної заробітної плати розробників та робітників:

$$Z_d = Z_o \cdot 10 / 100\% \quad (4.14)$$

$$Z_d = 122,89 \cdot 10 / 100 \% = 12,29 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$H_3 = (Z_o + Z_d) \cdot 22 / 100\% \quad (4.15)$$

$$H_3 = (122,89 + 12,29) \cdot 22 / 100\% = 29,74 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (4.16)$$

де,  $V$  — вартість 1 кВт-години електроенергії,  $V = 2,91$  грн./кВт –година;

$P$  — встановлена потужність обладнання, кВт.;

$\Phi$  — фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

$K_n$  — коефіцієнт використання потужності.

Всі проведені розрахунки зведемо до таблиці

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
Вимірювальний комплекс	0,30	0,76	0,84	0,50
Генератор сигналу	0,25	0,52	0,8	0,29
Осцилограф	0,12	0,32	1	0,08
Оптичний сканер	0,10	0,36	0,95	0,08
Монтажнообладнання	0,20	0,4	0,92	0,16
Всього				1,11

Загальновиробничі витрати розраховуються згідно нормативів до основної заробітної плати основних робітників і складають:

$$H_{36} = Z_o \cdot 250 / 100\% \quad (4.17)$$

$$H_{36} = 122,89 \cdot 250 / 100\% = 307,23 \text{ (грн.)}$$



Виробнича собівартість одиниці продукції

Виробнича собівартість одиниці продукції визначається як сума всіх попередніх витрат

$$S = 148,10 + 3152,05 + 122,89 + 12,29 + 29,74 + 1,11 + 307,23 = 3773,41$$

(грн.)

Виробнича собівартість пристрою для біометричної ідентифікації особи складає 3773,41 грн.

4.3 Розрахунок ціни реалізації дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні

Визначення можливої ціни реалізації об'єкта розробки здійснюється на підставі аналізу нижньої та верхньої межі ціни.

Нижня межа ціни

Нижня межа ціни ( $C_{нмр}$ ) захищає інтереси виробника продукції і передбачає, що ціна повинна покрити витрати виробника, які пов'язані з виробництвом та реалізацією продукції, і має забезпечити рівень рентабельності не нижче того, що має підприємство при виробництві вже освоєної продукції.

Ціна реалізації виробу в цьому випадку розраховується за формулою[3]:

$$C_{нмр} = S_v \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right), \quad (4.18)$$

де  $C_{нмр}$  – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

$S_v$  – виробнича собівартість виробу, грн.;

$P$  – нормативний рівень рентабельності, %, рекомендується приймати  $P=20\dots60\%$ ;

$w$  – ставка податку на додану вартість, %, за станом на 2020 рік,  $w=18\%$ .

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок.

$$C_{нмр} = S_{\epsilon} \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 3773,41 \cdot (1 + 0,20) \cdot (1 + 0,20) = 5433,71 \text{ грн.}$$

Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ( $C_{вмр}$ ) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Параметри якості продукції змінюються у відповідності до показника якості і складає  $B_2 = 1,2$ , а ціна конкурентів на аналогічний продукт складає 7200,00 грн.

$$C_{вмр} = C_{\sigma} \cdot B_n \quad (4.19)$$

$$C_{вмр} = 7200,00 \cdot 1,2 = 8640,00 \text{ грн.}$$

Договірна ціна ( $C_{дог}$ ) може бути встановлена за домовленістю між виробником і споживачем в інтервалі між нижньою та верхньою лімітними цінами згідно виразу:

$$C_{нмр} < C_{дог} < C_{вмр}.$$

З метою забезпечення реалізації продукції договірну ціну приймемо у розмірі 5500,00 грн. Така ціна забезпечить підприємству виробнику покриття витрат і додаткові конкурентні переваги на ринку, зацікавивши споживачів покращеними характеристиками та нижчою ціною в порівнянні з конкурентами.

#### 4.4 Розрахунок чистого прибутку для виробника від реалізації нового технічного рішення

Розрахунок чистого прибутку для виробника проводиться за формулою:

$$\Pi = \left\{ \left[ \text{Ц}_p - \frac{(\text{Ц}_p - \text{MP}) \cdot f}{100} - \text{S}_B - \frac{q \cdot \text{S}_B}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \quad \text{грн.},$$

де:  $\text{Ц}_p$  – ціна реалізації виробу, носія з програмним продуктом тощо, грн.;

$\text{MP}$  – вартість матеріальних та інших ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення готової продукції; рекомендується приймати:  $\text{MP} = (0,4 \div 0,6)\text{Ц}_p$ ;

$\text{S}_B$  – виробнича собівартість вибору, грн.;

$f$  – зустрічна ставка податку на додану вартість, % . В 2020 р.  $f = 16,67\%$ ;

$h$  – ставка податку на прибуток, % . В 2020 р.  $h = 18\%$ ;

$q$  – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати, %; рекомендується приймати  $q = 5 \div 10\%$  .

$N$  – число виробів (носіїв), які планується реалізувати за рік, 750 шт.;

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[ 5500,00 - \frac{(5500,00 - 3152,00) \cdot 16,67}{100} - 3773,00 - \frac{10 \cdot 3773,00}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 750 = \\ &= 455828,74 \quad \text{грн.} \end{aligned}$$

Чистий прибуток для виробника складе 455828,74 грн.

#### 4.5 Розрахунок терміну окупності витрат для виробника

Розрахуємо термін окупності витрат  $T_o$  ( в роках) для виробника за формулою:

$$T_o = \frac{B}{\Pi} \quad (4.20)$$

де  $B$  – кошторис витрат на розробку та дослідження,  $B=198443,85$  грн.

$\Pi$  – чистий прибуток для виробника протягом одного року  
 $\Pi=455828,74$  грн.

$$T_o = \frac{198443,85}{455828,74} = 0,44 \quad \text{року.}$$

Термін окупності складає менше нормативного строку, отже розробку можна вважати економічно вигідною для виробника.

#### Висновки

Для визначення економічної доцільності розробки нової конструкції пристрою були проведені розрахунки витрат на проведення НДДКР з дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні, визначена виробнича собівартість одиниці нового технічного рішення, визначений чистий прибуток, який може отримати виробник протягом одного року від реалізації даної розробки. Строк окупності витрат для виробника складає 0,44 року і є меншим за нормативний, тобто розробку можна вважати економічно вигідною для виробника.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Завдання реалізації системи управління охороною праці – це всестороння підтримка виконання вимог, які цілком усунуть, нейтралізують або знижують до нормованих значень вплив на працюючих небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища, забезпечують ліквідацію джерел небезпеки, ізолювання від них персоналу, застосування засобів, які підвищують технічну безпеку і ліквідують небезпечні ситуації.

В цьому розділі проводиться розгляд шкідливих, небезпечних та уражаючих для людини та оточуючого середовища факторів, що утворюються під час проведення розробки наркозно-дихального апарату. В ньому висвітлюються, в тому числі, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, визначення параметрів суміщеної вентиляції при виділенні шкідливих речовин, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні розробки, безпека у надзвичайних ситуаціях.

В процесі розробки даного пристрою на працівників діють ті чи інші небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп згідно [1].

### 5.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

#### 5.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Визначаємо для приміщення, в якому проводяться роботи з дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

Згідно із [2] допустимі показники мікроклімату в робочій зоні для холодного та теплого періодів року наведені у таблиці 5.1 додатку 1.

Перепад температури повітря вздовж висоти робочої зони для всіх категорій робіт дозволяється до 3°C. При опроміненні менше 25% поверхні тіла людини, допустима інтенсивність теплового опромінення – 100 Вт/м<sup>2</sup>.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), які використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, для контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, які використовуються у даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 5.2 додатку 5.

Для забезпечення нормованих показників мікроклімату та чистоти повітря робочої зони запропоновано такі заходи: у приміщенні повинна бути розміщена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного періодів року; з метою підвищення вологості повітря слід розташовувати місткості з водою за типом акваріумів поблизу опалювальних приладів або використовувати зволожувачі; застосування витяжної вентиляції, яка видаляє забруднення або нагріте повітря з приміщення, а також за допомогою неї контролюється швидкість руху повітря і вологість.

### 5.1.2 Виробниче освітлення

З метою створення гігієнічних раціональних умов на робочих місцях значні вимоги пред'являються до якісних та кількісних параметрів освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, в якому проводяться роботи з розробки наркозно-дихального апарату, згідно [3] знаходимо, що вони відповідають III розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – великий, а характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд 2.

Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) і мінімальні значення освітленості при штучному освітленні приведені в таблиці 5.3 додатку 1.

Оскільки приміщення розташоване у м. Вінниця (друга група забезпеченості природним світлом), а світлові проїми розташовані за азимутом  $180^\circ$ , то за таких обставин КЕО визначатиметься за формулою [3, 4]

$$e_N = e_H m_N [\%], \quad (5.1)$$

де  $e_H$  – табличне значення КЕО, %;

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату;

$N$  – номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N,б} = 2 \cdot 0,85 = 1,7 (\%);$$

$$e_{N,с} = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 (\%).$$

З метою забезпечення нормативних значень показників освітлення передбачено такі заходи: при недостатньому природному освітлені в світлу пору доби доповнення штучним завдяки використанню газорозрядних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення; використання загального штучного освітлення в темну пору доби.

### 5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого устаткування використовується обладнання, робота якого супроводжується шумом та вібрацією, необхідно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Встановлено, що приміщення, де відбувається робота з розробки наркозно-дихального апарату може містити робочі місця із шумом та вібрацією, що виходить від суміжних промислових приміщень.

З метою запобігання травмуванню працівників від дії шуму та вібрації вони підпадає під нормування. Основним нормативом з питань виробничого шуму, діючим на території України, є [5], у відповідності з яким нормовані рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в виробничих приміщеннях не повинні перевищувати значень, що приведені в таблиці X.4 додатку X. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці X.5 додатку X для 3-ї категорії (технологічна) типу "в".

Для забезпечення нормованих параметрів віброакустичних коливань у приміщенні передбачено такі заходи: своєчасне проведення профілактичного ремонту; здійснення контролю рівнів шуму та вібрації.

Визначимо параметри суміщеної вентиляції при виділенні шкідливих речовин, яких виділяються за одиницю часу  $G_{ур} = 2800$  мг/год;  $ГДК = 1000$  мг/м<sup>3</sup>. Температура внутрішнього повітря  $t_{вн} = 21$  °С; температура зовнішнього повітря  $t_{зовн} = 10$  °С. Площа вентиляційних отворів у стіні  $F_{прин} = 0,0005$  м<sup>2</sup>.

Суміщена вентиляція являє собою доповнення природної вентиляції штучною.

Продуктивність природної складової суміщеної вентиляції визначаються за формулою:

$$L_{пр} = \frac{G_{прин}}{\gamma_{зовн}} = 3600 F_{прин} \sqrt{\frac{2g}{\xi_1 \gamma_{зовн}}} \Delta p_1 \quad [\text{м}^3/\text{год}], \quad (5.2)$$

де  $G_{прин}$  – необхідна кількість (за масою) повітря, яке надходить в приміщення, кг/год;

$g = 9,8$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння;

$\gamma_{зовн}$  – питома вага зовнішнього повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$\xi_1$  – коефіцієнт місцевого опору припливних отворів;

$\Delta p_1$  – втрати тиску на прохід повітря через припливні отвори, кг/м<sup>2</sup>.

Питому вагу повітря визначаємо за формулою:



$$\gamma = \frac{353}{t + 273} \text{ [кг/м}^3\text{]}, \quad (5.3)$$

де  $t$  – температура повітря, для якого визначається  $\gamma$ , °С.

Температура повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення визначається за формулою:

$$t_{\text{вид}} = t_{\text{зовн}} + \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нрз}}}{m} \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (5.4)$$

де  $t_{\text{вн}}$  – температура внутрішнього повітря, °С;

$t_{\text{нрз}}$  – температура повітря, яке надійшло в робочу зону (в теплий період року  $t_{\text{нрз}} = t_{\text{зовн}}$ ), °С;

$m$  – коефіцієнт (приймаємо коефіцієнт  $m = 0,25 \dots 0,45 = 0,35$ ).

Отже, визначимо температуру повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення

$$t_{\text{вид}} = 10 + (21 - 10) / 0,35 = 41,43 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Визначимо питому вагу зовнішнього та видаленого повітря за формулою (5.3)

$$\gamma_{\text{зовн}} = \frac{353}{10 + 273} = 1,25 \text{ (кг/м}^3\text{)};$$

$$\gamma_{\text{вид}} = \frac{353}{41,43 + 273} = 1,12 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Розподілений тиск визначається за формулою:

$$\Delta p = h(\gamma_{\text{зовн}} - \gamma_{\text{вид}}) \text{ [кг/м}^2\text{]}, \quad (5.5)$$

де  $h$  – відстань між осями нижнього та верхнього вентиляційних отворів, м.

Приймаємо  $h = 3,2$  м.

Визначимо розподілений тиск

$$\Delta p = 3,2(1,25 - 1,12) = 0,42 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Знайдемо втрати тиску на прохід повітря через припливні отвори

$$\Delta p_1 = \beta \Delta p \text{ [кг/м}^2\text{)];} \quad (5.6)$$

$$\Delta p_1 = 0,25 \cdot 0,42 = 0,11 \text{ (кг/м}^2\text{)},$$

де  $\beta = 0,1 \dots 0,4 = 0,25$  – частина різниці тисків, яка витрачається на прохід повітря через припливні отвори.

Визначимо втрати тиску на прохід повітря через отвори ліхтаря

$$\Delta p_2 = \Delta p - \Delta p_1 \text{ [кг/м}^2\text{)];} \quad (5.7)$$

$$\Delta p_2 = 0,42 - 0,11 = 0,31 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Приймаємо конструкцію стулки віконного отвору – одинарну верхньопідвісну ( $h / b = 1$ ) з кутом відкривання отвору  $\alpha = 45^\circ$ , для якого – коефіцієнт місцевого опору  $\xi_1 = 3,7$ .

Визначаємо орієнтовну продуктивність суміщеної вентиляції при виділенні шкідливих речовин за формулою:

$$L_\Sigma = \frac{G_{шр}}{(q_1 - q_2)} = \frac{G_{шр}}{0,7 ГДК} \text{ [м}^3\text{/год)],} \quad (5.8)$$

де  $G_{шр}$  – кількість шкідливих речовин, які виділяються за одиницю часу, мг/год;

$q_1, q_2$  – концентрації шкідливих речовин у повітрі, що виводиться та поступає у приміщення ( $q_1 \leq ГДК$ ;  $q_2 \leq 0,3 ГДК$ ), мг/м<sup>3</sup>;

$ГДК$  – гранично допустима концентрація шкідливої речовини, мг/м<sup>3</sup>.

Визначаємо продуктивність штучної складової суміщеної вентиляції за формулою

$$L_{\text{шт}} = L_{\Sigma} - L_{\text{пр}} [\text{м}^3/\text{год}]. \quad (5.9)$$

Потужність електродвигуна вентилятора може бути визначена за формулою:

$$N = \frac{LHK}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_B \eta_{\text{п.п.}}} [\text{кВт}], \quad (5.10)$$

де  $L$  – продуктивність вентилятора,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$H$  – повний тиск вентилятора,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу потужності;

$\eta_B, \eta_{\text{п.п.}}$  – ККД вентилятора та пасової передачі відповідно (для плоских пасів 0,85...0,9, для клиновидних 0,9...0,95).

За отриманим значенням продуктивності вентилятора вибираємо повний тиск вентилятора  $H = 8000 \text{ кг}/\text{м}^2$ . Вибираємо коефіцієнт запасу потужності  $K = 1,1 \dots 1,2 = 1,15$ . ККД вентилятора  $\eta_B = 0,6$ . З метою підвищення ККД пасової передачі вибираємо клиновидні паси, для яких  $\eta_{\text{п.п.}} = 0,9 \dots 0,95 = 0,925$ .

Після підстановки відомих значень у формули (5.2, 5.8, ..., 5.10) одержимо

$$L_{\text{пр}} = 3600 \cdot 0,0005 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8}{3,7 \cdot 1,25} \cdot 0,11} = 1,2 (\text{м}^3/\text{год});$$

$$L_{\Sigma} = \frac{2800}{0,7 \cdot 1000} = 4 (\text{м}^3/\text{год});$$

$$L_{\text{шт}} = 4 - 1,2 = 2,8 (\text{м}^3/\text{год});$$

$$N = \frac{2,8 \cdot 8000 \cdot 1,15}{3600 \cdot 102 \cdot 0,6 \cdot 0,925} = 0,126 (\text{кВт}).$$

За отриманим значенням вибираємо електродвигун типу А0Л12-4 з  $N = 0,18$  кВт,  $n = 1400$  об/хв.

#### 5.1.4 Виробничі випромінювання

Аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому проводиться робота з розробки наркозно-дихального апарату може містити електромагнітні випромінювання. Гранично допустимі рівні електромагнітних полів показані в таблиці 5.6 додатку 1.

#### 5.2 Промислова та пожежна безпека при проведенні розробки наркозно-дихального апарату

##### 5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Конструкція робочого місця, взаємне розташування його елементів та його розміри повинні відповідати антропометричним, фізіологічним та психофізіологічним властивостям людини, а також характеру роботи [7].

Площа одного робочого місця повинна становити не менше  $6,0$  м<sup>2</sup>, об'єм приміщення – не менше як  $20$  м<sup>3</sup>, висота – не менше  $3,2$  м [8].

Інтер'єр приміщень потрібно оздоблювати дифузно-віддзеркалювальними матеріалами з коефіцієнтом відбиття: стелі  $0,7-0,8$ ; стін  $0,4-0,5$ ; підлоги  $0,2-0,3$ . Поверхня підлоги має бути гладкою, без вибоїн, не слизькою, зручною для вологого прибирання, мати антистатичні властивості. Забороняється використовувати під час оздоблення інтер'єру полімерні матеріали, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

##### 5.2.2 Електробезпека

У середині приміщення, в якому проводиться робота з розробки наркозно-дихального апарату, особливу увагу слід приділити уникненню небезпеки ураження електричним струмом. У відповідності до [9] це приміщення

відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність значної (понад 75 %) відносної вологості. Через це безпека експлуатації електрообладнання повинна гарантуватись комплексом заходів, що включають застосування ізоляції струмоведучих елементів, захисних блокувань, захисного заземлення та ін [10].

### 5.2.3 Пожежна безпека

Відповідно до [11] приміщення, в якому проводиться робота з розробки наркозно-дихального апарату, відноситься до категорії пожежної небезпеки Б. Це приміщення відноситься до 2-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці Х.7. В таблиці Х.8 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Вибираємо, що приміщення, в якому проводиться робота з розробки, має бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом, ємністю з піском [12].

#### Висновки до розділу

В результаті виконання цього розділу було розглянуто такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії, визначення параметрів суміщеної вентиляції при виділенні шкідливих речовин, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні розробки наркозно-дихального апарату, безпека у надзвичайних ситуаціях.

## Додаток 1

## Нормовані значення виробничих чинників

Таблиця 1.1 – Допустимі параметри мікроклімату в приміщенні [2]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Ia	21-25	18-26	75	≤0,1
Теплий	Ia	22-28	20-30	55 при 28°С	0,1-0,2

Таблиця 1.2 – ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	Параметр	Значення	Клас небезпеки
Спирт етиловий	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	1000	4
Пил нетоксичний		0,15	4
Іони n <sup>+</sup> , n <sup>-</sup>	число іонів в 1 см <sup>3</sup> повітря	50000	–

Таблиця 1.3 – Нормативні значення КПО і мінімальні освітленості для штучного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізн., мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість для штучного освітлення, лк			КПО, %	
						комбіноване		загальне	Природне освітлення (бокове)	Суміщене освітлення (бокове)
						всього	у т. ч. від загального			
Високої точності	0,3-0,5	III	г	великий	середній	400	200	200	2	1,2

Таблиця 1.4 – Нормовані рівні шуму і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця 1.5 – Нормовані рівні вібрації [6]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних полосах з середньо-геометричними частотами, Гц						Коректовані рівні віброприскорення, дБА
2	4	8	16	31,5	63	
36	33	33	39	45	51	33

Таблиця 1.6 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна або кутова модуляція)

Номер діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль, $\lambda$	ГДР, В/м
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25
6	Гептаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3 \cdot \lg \lambda$
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30-300 МГц	10-1 м	3

Таблиця 1.7 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення [11]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
2	REI 120	REI 60	E 15	EI 15	R 120	R 60	REI 45	REI 15	R 30
	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см.

Таблиця 1.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [13]

Об'єм приміщення, тис. м <sup>3</sup>	Категорія пожежної безпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м <sup>2</sup>			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Протипожежні розриви, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху, м <sup>2</sup> , для числа поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	Б	2	40	25	15	45	9	9	12	6	н.о.	–	–

Примітки: н.о. – не обмежується.



## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі дослідження та розробки пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні, досліджено методи ідентифікації біомедичної інформації на основі фільтра Габора.

В першому розділі розглянуто техніко-економічне обґрунтування і проведені економічні розрахунки пристрою для біометричної ідентифікації. Також було проведено огляд існуючих алгоритмів і методів для біометричної ідентифікації.

В другому розділі здійснено дослідження алгоритмів обробки образів для біометричної ідентифікації, а також розроблене програмне забезпечення, для підбору параметрів фільтра Габора

В третьому конструкторському розділі проаналізовано елементну базу, розроблено структурну схему електрокардіографа. Запропоновано декілька варіантів конструкції приладу, із яких вибрано оптимальний та проведено моделювання частинки схеми, що підтвердило стабільність її роботи за різних умов.

У четвертому розділі був розрахований кошторис витрат на пристрій для біометричної ідентифікації та інші економічні показники.

У п'ятому розділі були розглянуто і проаналізовано умови праці в приміщеннях, досліджено фактори, які впливають на лаборанта в лабораторії де експлуатується прилад.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В.О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.
2. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 75с.
3. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепка – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.
4. Жуковський, В.В. Спосіб поліпшення зображення відбитка пальця / В.В. Жуковський, С.В. Сай // Вісник тогу. - 2009р. - № 4.
5. Гудков, В.Ю. Швидкісна обробка зображення відбитка пальця / В.Ю. Гудков, М.В. Боков // Праці інституту системного аналізу РАН. - 2009р. - № 45.
6. Фан Нгок Хоанг Алгоритми для класифікації відбитків пальця на основі застосування фільтра Габора, вейвлет-перетворені і багатошарової нейронної мережі / Фан Нгок Хоанг, В.Г. Спіцин // Новини Томського політехнічного університету. - 2012р. - № 5.
7. Javier R. Movellan (Ed) Tutorial on Gabor Filters. 2008. <http://mplab.ucsd.edu/tutorials/gabor.pdf> (дата звернення: 20.06.2014).
8. Maltoni D., Maio D., Jain A.K., Prabhakar S. Handbook of fingerprint recognition. - N.Y. : Springer, 2003. - 348 p.
9. Asker M. Bazen, Systematic methods for the computation of the directional fields and singular points of fingerprint / Asker M. Bazen, Sabih H. Gerez // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. - 2002 - № 7.
10. Jie Zhou, Singular Points Analysis in Fingerprints Based on Topological Structure and Orientation Field // Jie Zhou, Jinwei Gu, David Zhang // Department of Computing, the Hong Kong Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong

11. BaseGroup Labs, технології аналізу даних [електронний ресурс] URL: <http://www.basegroup.ru/>, Логістична регресія і ROC-аналіз - математичний апарат, <http://www.basegroup.ru/library/analysis/regression/logistic/> (дата звернення 20.06.2014)

12. Гонсалес Р. Цифрова обробка зображень. М., 2005

13. Кожем'яко В.П., Салдан Й.Р., Павлов С.В., Салдан Ю.Й., Хані Аль-Зубі, Мисловський І.В. Аналіз зображень вторинної флюоресценції при діагностиці захворювань рогівки // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.– 2000.- № 3. – С. 147-149.

14. Павлов С.В., Станчук К.І., Хані Аль-Зубі, Забродська С.А., Репіна О.Б. Аналіз розвитку ПЗЗ – структур у наукових дослідженнях // Вимірювальна обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. - № 4.- С.13 – 18.

15. Кожем'яко В.П., Павлов С.В., Хані Аль-Зубі. Методи та засоби ідентифікації біомедичної інформації на основі КVP – перетворень // Вісник ВПІ. – 2003. - №1. – С.58-63.

16. Кожем'яко В.П., Хані Аль-Зубі. Кореляційна обробка зображень з використанням некогерентних процесорів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.– 2002.- № 2. – С. 23-28.

17. Кожем'яко В.П., Салдан Ю.Р., Павлов С.В., Довгалюк Ю.П., Хані Аль-Зубі. Оптико-електронні засоби “око-процесорного типу” реєстрації та обробки біомедичної інформації // Матеріали міжнародного смакулового симпозіуму “Фундаментальні і прикладні проблеми сучасної фізики”. – Тернопіль. 2000. - С.246.-247.

18. Салдан Й.Р., Павлов С.В. Семенець О.М., Хані Аль-Зубі. Оптикоелектронні методи контролю неоваскуляризації рогової оболонки // збірник наукових праць “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”.–Хмельницький, 2002.- С.201-204.

19. Кожем'яко В.П., Павлов С.В., Барило О.С., Хані Аль-Зубі Оптичний комплекс оцінки мікроциркуляції в щелепно-ліцьовій області // Праці четвертої

науково-технічної конференції “Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино- та приладобудуванні”. – Тернопіль. – 2000. – С. 78.

20. Забродська С.А., Салдан Ю.Р., Мисловський І.В., Хані Аль-Зубі. Аналіз паталогічних зон при оцінці мікроциркуляції кон'юнктиви ока // Праці міждержавної науково-методичної конференції “Комп'ютерне моделювання”. – Дніпродзержинськ. – 2000. – С. 194.

21. PavlovS., H.Al-Zoubi, StanchukK. Optoelectronic methods for recognition of biomedical photoplethysmographic signal // Тези доповідей Міжнародної конференції " Photonics-ODS 2000 - ODS 2000". – Вінниця. - 2000. – С.30.

22. KojemiakoV., Al-ZoubiH., KovinkoY. Energetic self-enough optoelectronic devices // Збірник Міжнародної конференції з оптоелектронних інформаційних технологій “Photonics-ODS 2000”. – Vinnica (Ukraine). – 2000. – P. 50.

23. Забродська С.А., Хані Аль-Зубі, Скрига М.М. Застосування CCD-структур для обробки зображень мікроциркуляції кон'юнктиви ока // Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Оптико – електронні інформаційно – енергетичні технології”. – Вінниця. - 2001.- С. 103.

24. Салдан Ю., Станчук К., Хані Аль-Зубі, Мисловський І. Аналіз зображень вторинної флюоресценції при діагностиці захворювань рогівки // Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Оптико – електронні інформаційно – енергетичні технології”. – Вінниця. - 2001.- С. 120.

25. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

26. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

27. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

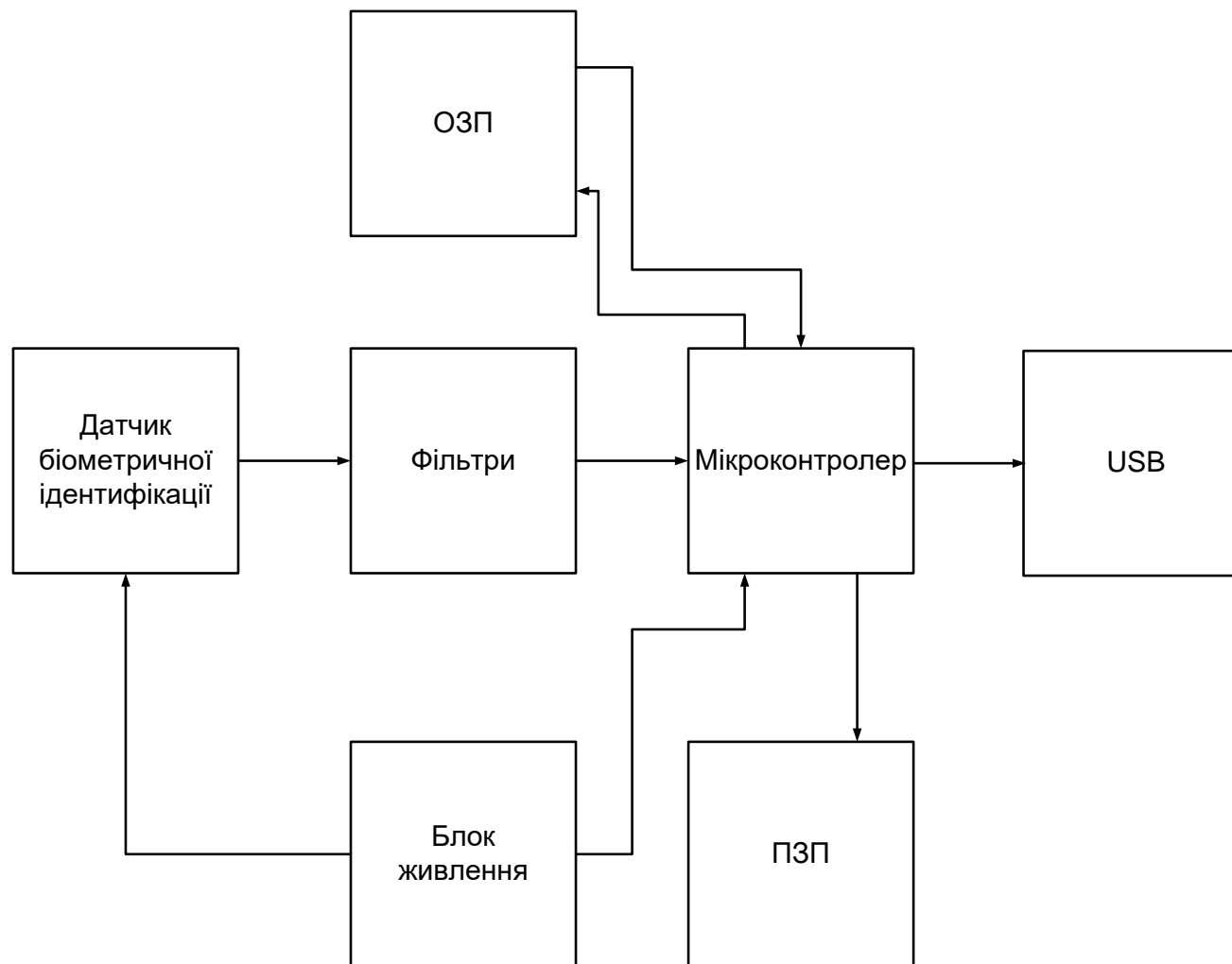
28. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

29. Методичні вказівки до опрацювання розділу "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов'язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 64 с.

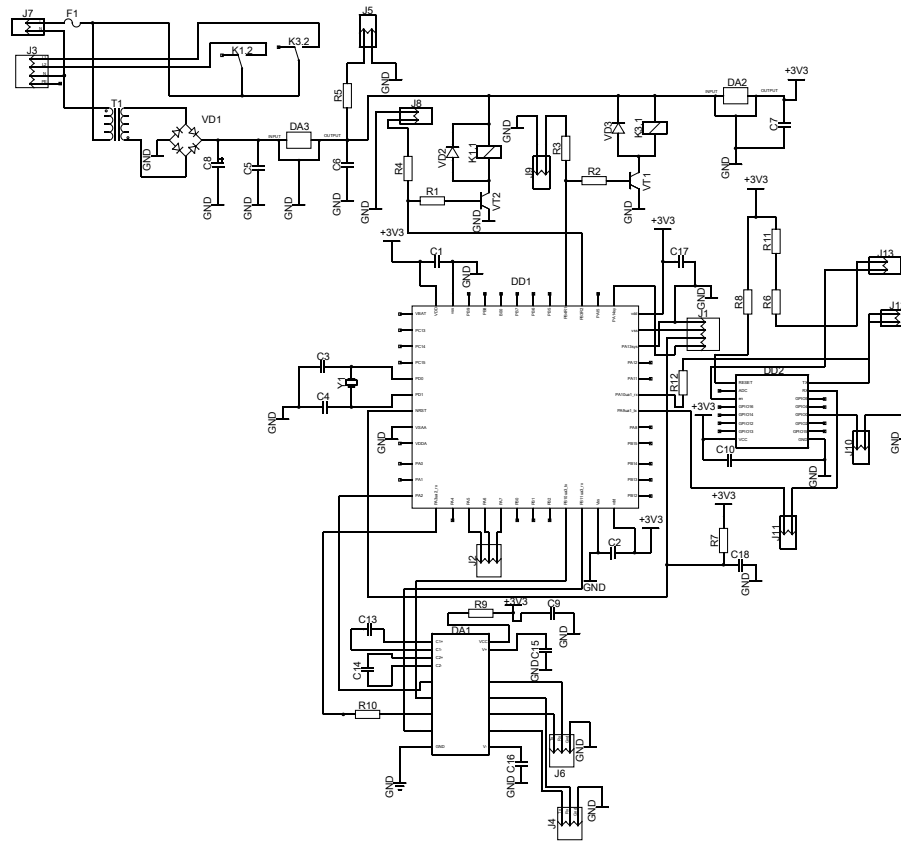
30. Правила улаштування електроустановок. 2-е вид., перероб. і доп. – Х: "Форт" 2009. – 736с.

31. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

## ДОДАТКИ



					08-35.МКР.000.10.000.Е1		
Зм.	Дис.	№ докум.	Голов.	Дата	Дослідження та розробка пристрою для біометричної ідентифікації за допомогою різноманітних засобів Структурна схема		
Розробив	Кіца						
Перевірив	Коваль						
Реценз.							
Т. номер	Коваль						
Н. номер	Коваль				Лист	Маса	Місцям
Зам.	Коваль				Аркуш	Аркуше	
					Гр. БМІ-21м		

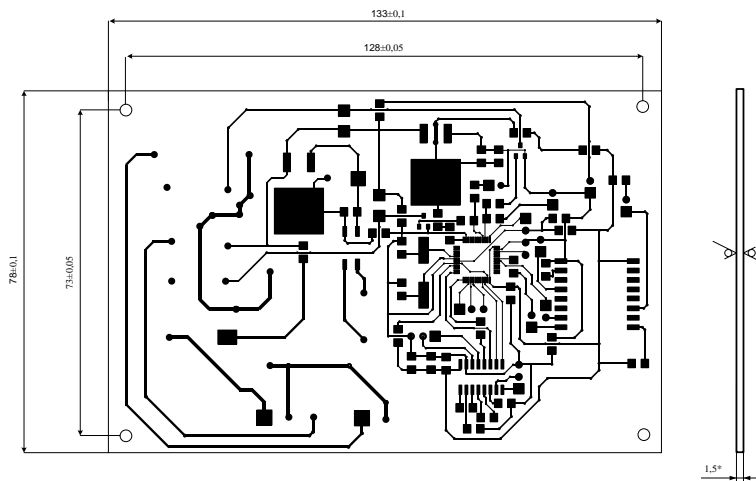


08-35.МКР.000.10.000.Е3				Лит.	Маса	Масшт.
Зм.	Арх.	№ докум.	Гідус.	Дата		
Розробив	Коваль					
Перевірив	Коваль					
Реценз.					Архив	Архив
Г. констр.	Коваль					
Н. констр.	Коваль					
Затв.	Коваль					
					Гр. БМІ-21м	

Дослідження та розробка пристрою для біометричної ідентифікації за векторним рисунком долоні

Схема електрична принципова





Таблиця 1- Параметри отворів та контактних площадок

Умовне позначення отвору	Діаметр отвору	Діаметр контактних площадок	Наявність металізації	Кількість
●	0.8	1.2	є	115
■	1.2	1.5	є	25
○	3.5	-	немає	4
■	1.35	1.5	є	62

Таблиця 2 – Параметри друкованих провідників

Параметри друкованого рисунку	Розмір, мм	
	в широких місцях	у вузьких місцях
Ширина провідника	0,45	0,25
Відстань між провідниками	0,45	0,25

1\* Розміри для довідок.

2 Плату виготовляти комбінованим негативним методом.

3 Допускається довільна форма контактних площадок,  $btip=0,15mm$ .

4 Міжосьова відстань між двома отворами становить 0,25 мм.

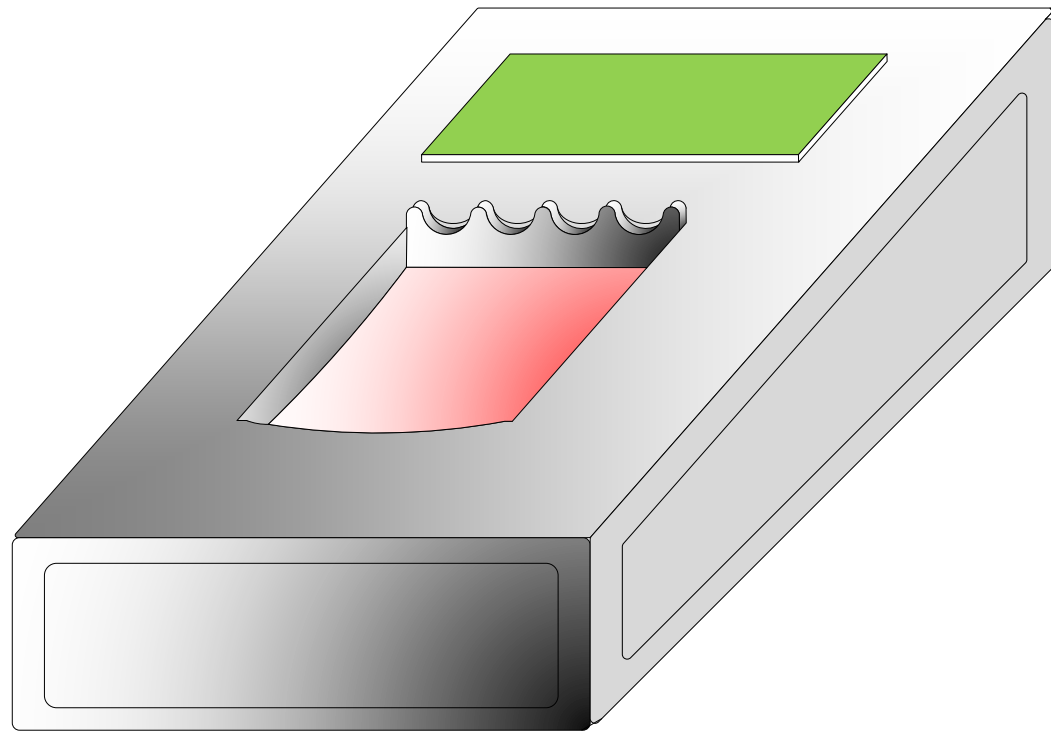
5 Параметри друкованого рисунку виконати відповідно до таблиць 1, 2.

6 На платі виконати маркування елементів відповідно до креслення.

7 Заводський номер і дату виготовлення виконати фарбою БМ шрифтом 2Пр2 по ГОСТу 27.415-86.

					08-25 МКР.000.10.000		
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Дослідження та розробка прототипу для біометричної ідентифікації за векторним рисунком долоні		
Розробив	Кітчук						
Перевірив	Коваль				Топологія		
Рисув.							
Т. контр.	Коваль				Гр. БМІ-21м		
Н. контр.	Коваль						
Зам.	Коваль						





					08-35.МКР.000.10.000		
Зм.	Арх.	№ докум.	Глибину	Датум	Дослідження та розробка пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні		
Розробив	Коваль				Лист	Маса	Масштаб
Перевірив	Коваль				Аксетометрія		
Рецензент					Аркуш	Аркуше	
Т. констр.	Коваль				Гр. БМІ-21М		
Н. констр.	Коваль						
Зам.	Коваль						



ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Дослідження та розробка пристрою для біометричної ідентифікації за венозним рисунком долоні

Тип роботи: МКР

Підрозділ: кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

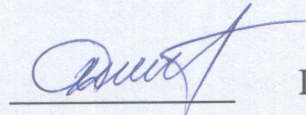
**Показники звіту подібності Unichesk**

**Оригінальність 82,6 %**

**Схожість 17,4 %**

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

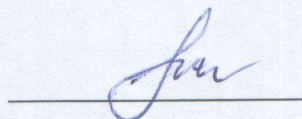
Особа, відповідальна за перевірку



Штофель Д. Х.

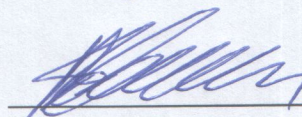
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи



Кича Т. А.

Керівник роботи



Коваль Л. Г.