

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

автоматизації і інформаційних технологій

(факультет)

інформаційних технологій

(кафедра)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЮ «БАКАЛАВР»

на тему: «Захист периметру із застосування волоконно-оптичних  
вимірювальних систем»

Данильченко Ілля Олександрович

(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Київ 2023 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

автоматизації і інформаційних технологій

(факультет)

інформаційних технологій

(кафедра)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ІТ

д.т.н., професор Цюцюра С.В.

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЮ «БАКАЛАВР»**

на тему: «Захист периметру із застосування волоконно-оптичних  
вимірювальних систем»

Виконав: Студент спеціальності

122 «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Данильченко І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф. Терент'єв О.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доц. Шабала Є.Є.

(прізвище та ініціали)

Київ, 2023 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: автоматизації і інформаційних технологій .  
Кафедра: інформаційних технологій .  
Освітній рівень: «бакалавр» за ОП .  
Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки» .

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ІТ  
д.т.н., професор Цюцюра С.В.

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023 року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЮ «БАКАЛАВР»**

Данильченко Ілля Олександрович

1. Тема роботи: Захист периметру із застосування волоконно-оптичних вимірювальних систем .  
затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_\_ від « » листопад 2022 р.
2. Керівник роботи: Терентьев Олександр Олександрович, д.т.н, професор кафедри ІТППМ .
3. Строк подання студентом роботи до захисту: червень 2023 р. .
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
  - P.1. Перспективи застосування нейротехнологій в волоконно-оптичних системах передачі інформації .
  - P.2. Аналіз методів побудови волоконно-оптичних вимірювальних систем
  - P.3. Нейромережеві конструкції для обробки інформації .
  - P.4. Моделювання тестування нейронної мережі .
  - P.5. Ергономіка інформаційних технологій .
5. Інформаційні слайди:
  - C.1. Схема волоконно-оптичного розподіленого датчика з решітками на одну довжину хвилі і тимчасовим демультимплексуванням .

- С.2. ВОД з диференційною схемою перетворення сигналу .
- С.3. Узагальнена модель проблемно-орієнтованої нейромережевої системи розпізнавання стану розподіленої ВОВМ .
- С.4. Структурна схема нейронної мережі .
- С.5. Нейронна мережа користувача .

#### 6. Календарний план виконання АВР

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Р. 1. Перспективи застосування нейротехнологій в волоконно-оптичних системах передачі інформації	Травень 2023 р.
Р. 2. Аналіз методів побудови волоконно-оптичних ВС	Травень 2023 р.
Р. 3. Нейромережеві конструкції для обробки інформації	Травень 2023 р.
Р. 4. Моделювання тестування нейронної мережі	Травень 2023 р.
Р. 5. Ергономіка інформаційних технологій	Травень 2023 р.
Остаточне оформлення роботи	Червень 2023 р.
Попередній захист роботи на кафедрі	Червень 2023 р.

#### 7. Консультанти розділів АВР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта, представника комісії	дата	підпис
Ергономіка інформаційних технологій	д.т.н. проф. Терентьєв О.О.		
Прийом програмного продукту	к.т.н. доц. Шабала Є.Є.		

8. Дата видачі завдання: 11 листопада 2023 року

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Терентьєв О.О.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Бакалавр

\_\_\_\_\_ (підпис)

Данильченко І.О.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Данильченко І.О. «Захист периметру із застосування волоконно-оптичних вимірювальних систем».

Атестаційна випускова робота бакалавра за спеціальністю:122 «Комп'ютерні науки». – Київський національний університет будівництва та архітектури. – Київ, 2023.

Волоконно-оптична система збору даних – це сукупність апаратно-програмних і волоконно-оптичних засобів, що забезпечують збір вимірювальної інформації від деякої кількості датчиків і її передачу операторові у відповідності до закладених алгоритмів.

Ключові слова: захист, волоконно-оптичні вимірювання системи, нейронна мережа.

## SUMMARY

Danylchenko I.O. "Perimeter protection using fiber-optic measuring systems."

Bachelor's attestation graduation thesis in the specialty: 122 "Computer science". - Kyiv National University of Construction and Architecture. - Kyiv, 2023.

Fiber optic data acquisition system is a set of hardware-software and fiber-optic means that provide the collection of measurement information from a number of sensors and its transmission to the operator in accordance with established algorithms.

Keywords: protection, fiber-optic measurement of the system, neural network.

# ЗМІСТ

## ВСТУП

### 1. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОТЕХНОЛОГІЙ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Особливості оптичних систем зв'язку

1.2 Фізичні особливості

1.3 Технічні особливості

1.4 Недоліки волоконної технології

1.5 Волокно-оптичні системи передачі інформації

1.6 Застосування нейротехнологій в волокно-оптичних системах передачі інформації

### 2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

2.1 Методи побудови волоконно-оптичних вимірювальних систем

2.2 Аналіз волоконно-оптичних перетворювачів

2.3 Функція перетворення світлового потоку волоконно-оптичних датчиків

2.4 Графічна модель розподілу інтенсивності світлового потоку

2.5 Функція перетворення при оптимізації конструктивних параметрів волоконно-оптичних датчиків

2.6 Волокно-оптичний датчик на основі параметричної моделі функції перетворення

### 3. НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

3.1 Основні нейромережеві конструкції для обробки інформації розподіленої волоконно-оптичної вимірювальної мережі (ВОВМ)

### 4. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕСТУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

### 5. ЕРГОНОМІКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## ВИСНОВКИ

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

## ВСТУП

Для безперервного розвитку науки і техніки необхідні досконалі вимірювальні технології. Неруйнівний моніторинг структурних елементів інженерних конструкцій є надзвичайно важливе завдання сучасної науки і техніки. У величезній мірі зросли вимоги до технічного стану потенційно небезпечних об'єктів: нафтовидобувних платформ, гребель, гідроелектростанцій, тунелів, мостів, спортивних каскадів і висотних будівель. Створення та експлуатація таких об'єктів вимагають розробки протяжних систем моніторингу. У зв'язку з цим виникає необхідність створення спеціалізованих вимірювальних засобів, що мають розподілену в просторі чутливістю. Широкі можливості вирішення подібних завдань відкриває застосування вимірювальних систем на основі розподілених волоконно-оптичних вимірювальних мереж (ВОВМ).

Вимірювальні технології на основі волоконної оптики в ряді випадків виявляються більш перспективними завдяки перевагам волоконно-оптичних вимірювальних перетворювачів в порівнянні з їх аналогами: високої чутливості, малим розмірам, завадостійкості і ін. Вимірювальна мережа може бути виконана на основі волоконно-оптичних вимірювальних перетворювачів з розподіленою чутливістю. Розподілений волоконно-оптичний вимірювальний перетворювач, іменованій далі вимірювальної лінією (ВЛ), являє собою безперервний чутлива ділянка волоконного світловода, що сприймає зовнішні впливи.

Волоконно-оптична вимірювальна система може служити основою оптоелектронної сигнальної системи, що дозволяє визначати в реальному часі місце зовнішнього деформаційного впливу на розподілену ВОВМ і відстежувати його переміщення по контрольованій поверхні. Оптичне випромінювання від джерела світла, поширюючись по волоконно-оптичним ВЛ, несе інформацію про характеристики зовнішнього фізичного поля, що діє

на досліджувану область. В результаті зовнішнього фізичного впливу на розподілену ВОВМ внаслідок вигину волоконних світловодів безпосередньо модулюється інтенсивність оптичних сигналів, що поширюються по світловоду, пропорційно до цих дій.

В роботі показана можливість застосування томографічних методів для відновлення функцій розподілених фізичних полів (РФП) шляхом сканування досліджуваної області волоконно-оптичними ВЛ. При цьому на виході кожної протяжної волоконно-оптичної ВЛ приймається сумарний сигнал про зовнішні дії на вимірювальну мережу, а приймається величина в цьому випадку багато в чому аналогічна промінь-сумі, одержуваної при томографічних досліджень об'єктів. За таким же принципом - на підставі даних, отриманих за допомогою волоконних ліній інтегруючого типу, як це вперше відзначається в роботі - може бути організовано відновлення просторових розподілів ФП. Іншими словами, вимірювальна мережа може бути організована як сукупність відносно простих вимірювальних елементів - протяжних волоконних ВЛ з інтегральною чутливістю. Подібно звичайним томографічним систем, така мережа здатна забезпечити безперервний по охоплюється нею поверхні прийом інформації. Мережа буде мати розподілену в просторі чутливість, незважаючи на те, що складові її елементи таким властивістю не володіють. Завдяки низьким втратам на світлопропускання в волоконних световодах, волоконні ВЛ можуть бути значної довжини і довільної конфігурації.

У разі розподілених волоконно-оптичних вимірювальних мереж не можна безпосередньо скористатися принципами організації традиційних томографічних систем. Існують особливості, що утрудняють рішення задачі реконструкції просторових розподілів ФП по томографічним даними, який формується розподіленої ВОВМ:

- Недостатність числа напрямків спостережень;

- Всі прийнятні алгоритми реконструкції розподілів досліджуваних ФП ітераційні і не дозволяють створювати швидкодіючі інформаційно-вимірювальні системи навіть шляхом організації паралельних обчислень;

- Складність геометрії досліджуваних областей, нестандартні схеми укладання вимірювальних ліній, в тому числі нерегулярні;

- «Протяжність» ВОВМ викликає необхідність обробки великих масивів даних.

Ці та інші особливості можуть обмежувати можливі застосування розподілених ВОВМ. Тому основна увага в даній роботі приділено обробці вимірювальної інформації, яка полягає в оптимізації параметрів вимірювальної мережі і подальшої обробки інформації за допомогою спеціалізованих нейромережових конструкцій.

# **1. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОТЕХНОЛОГІЙ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ**

Процес безперервного розвитку науки і техніки вимагає наявності досконалих комп'ютерних технологій і кабельних систем, синтез яких поклав початок створенню широкопasmової світової інфраструктури. Одна з характерних рис науково-технічного прогресу початку ХХІ століття – зростання потреби в обробці, передачі і збереженні відеоінформації. Широка смуга і двовимірність електромагнітних коливань оптичного діапазону, доступність візуального сприйняття, електрична нейтральність фотонів щонайкраще відповідають обробці і передачі великих масивів інформації, у тому числі представлених у зображеннях і відео. Приклади таких систем – волоконно-оптичні лінії (ВОЛЗ) і системи (ВОСЗ) зв'язку. Прогрес в області електроніки, оптичних, квантових і оптоелектронних технологій дозволив різко підвищити швидкодію кінцевих пристроїв систем передачі інформації (40...80 Гбіт/с) і розширити їхню смугу пропускання (близько 100 ТГц). При цьому смуга пропускання середовища передачі (оптичних кабелів - ОК) складає десятки ТГц. Завдяки цьому обсяг переданої інформації з одного волокна у волоконно-оптичних лініях зв'язку (ВОЛЗ) збільшився в багато разів. Дальність передачі сигналів без проміжних пунктів регенерації зросла до декількох сотень кілометрів і в перспективі досягне тисяч кілометрів.

## **1.1 Особливості оптичних систем зв'язку**

Волоконно-оптичні лінії зв'язку - це вид зв'язку, при якому інформація передається по оптичних діелектричних хвилеводах, відомим під назвою "оптичне волокно". Оптичне волокно в даний час вважається найдосконалішим фізичним середовищем для передачі інформації, а також самим перспективним середовищем для передачі

великих потоків інформації на значні відстані. Підстави так вважати впливають з ряду особливостей, властивих оптичних хвилеводів.

## 1.2 Фізичні особливості

1. Широкопasmовість оптичних сигналів, обумовлена надзвичайно високою частотою несучої ( $F_0 = 10^{14}$  Гц). Це означає, що по оптичній лінії зв'язку можна передавати інформацію зі швидкістю близько  $10^{12}$  біт / с або Терабіт / с. Говорячи іншими словами, по одному волокну можна передати одночасно 10 мільйонів телефонних розмов і мільйон відеосигналів. Швидкість передачі даних може бути збільшена за рахунок передачі інформації відразу в двох напрямках, так як світлові хвилі можуть поширюватися в одному волокні незалежно один від одного. Крім того, в оптичному волокні можуть поширюватися світлові сигнали двох різних поляризацій, що дозволяє подвоїти пропускну здатність оптичного каналу зв'язку. На сьогоднішній день межа по щільності переданої інформації по оптичному волокну не досягнута.

2. Дуже мале (у порівнянні з іншими середовищами) загасання світлового сигналу у волокні. Кращі зразки волокна мають згасання 0.22 дБ / км на довжині хвилі 1.55 мкм, що дозволяє будувати лінії зв'язку довжиною до 100 км без регенерації сигналів. Для порівняння, краще волокно Sumitomo на довжині хвилі 1.55 мкм має згасання 0.154 дБ / км. В оптичних лабораторіях США розробляються ще більш "прозорі", так звані фторцірконатні волокна з теоретичною межею порядку 0,02 дБ / км на довжині хвилі 2.5 мкм. Лабораторні дослідження показали, що на основі таких волокон можуть бути створені лінії зв'язку з регенераційними ділянками через 4600 км при швидкості передачі порядку 1 Гбіт / с.

### **1.3 Технічні особливості**

1. Волокно виготовлено з кварцу, основу якого складає двоокис кремнію, широко розповсюдженого, а тому недорогого матеріалу, на відміну від міді.

2. Оптичні волокна мають діаметр близько 100 мкм., тобто дуже компактні і легкі, що робить їх перспективними для використання в авіації, приладобудуванні, в кабельній техніці.

3. Скляні волокна - не метал, при будівництві систем зв'язку автоматично досягається гальванічна розв'язка сегментів. Застосовуючи особливо міцний пластик, на кабельних заводах виготовляють самонесучі підвісні кабелі, які не містять металу і тим самим безпечні в електричному відношенні. Такі кабелі можна монтувати на щоглах існуючих ліній електропередач, як окремо, так і вбудовані в фазовий провід, економлячи значні кошти на прокладку кабелю через річки та інші перешкоди.

4. Системи зв'язку на основі оптичних волокон стійкі до електромагнітних перешкод, а передана по світловодам інформація захищена від несанкціонованого доступу. Волоконно-оптичні лінії зв'язку не можна підслухати неруйнівним способом. Будь-які дії на волокно можуть бути зареєстровані методом моніторингу (безперервного контролю) цілісності лінії. Теоретично існують способи обійти захист шляхом моніторингу, але витрати на реалізацію цих способів будуть настільки великі, що перевершать вартість перехопленої інформації.

5. Важлива властивість оптичного волокна - довговічність. Час життя волокна, тобто збереження своїх властивостей в певних межах, перевищує 25 років, що дозволяє прокласти оптико-волоконний кабель один раз і, в міру необхідності, нарощувати пропускну здатність каналу шляхом заміни приймачів і передавачів на більш швидкодіючі.

#### **1.4 Недоліки волоконної технології**

1. При створенні лінії зв'язку потрібні високонадійні активні елементи, які перетворюють електричні сигнали в світло і світло в електричні сигнали. Необхідні також оптичні конектори (з'єднувачі) з малими оптичними втратами і великим ресурсом на підключення-відключення. Точність виготовлення таких елементів лінії зв'язку повинна відповідати довжині хвилі випромінювання, тобто похибки повинні бути порядку частки мікрона. Тому виробництво таких компонентів оптичних ліній зв'язку дуже дороге.

2. Інший недолік полягає в тому, що для монтажу оптичних волокон потрібно прецизійне, а тому дороге, технологічне обладнання.

3. Як наслідок, при аварії (обриві) оптичного кабелю витрати на відновлення вище, ніж при роботі з мідними кабелями.

Переваги від застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) настільки значні, що не дивлячись на перераховані недоліки оптичного волокна, ці лінії зв'язку все ширше використовуються для передачі інформації.

Найважливіше з компонентів ВОЛЗ - оптичне волокно. для передачі сигналів застосовуються два види волокна: одномодове и багатомодове.

Свою назву волокна здобули від способу поширення випромінювання в них. Волокно складається із серцевини й оболонки з різними показниками

заломлення  $n_1$  и  $n_2$ . В одномодовому волокні діаметр світлоїдиної жили порядку 8-10 мкм, тобто співрозмірний з довжиною світлоїдиної хвилі. При такій геометрії у волокні може поширюватися тільки один промінь (одна мода). У багатомодовому волокні розмір світлоїдиної жили порядку 50-60 мкм, що уможливорює поширення великого числа променів (багато мод). Обидва типи волокна характеризуються двома найважливішими параметрами: загасанням і дисперсією.

Звичайне загасання вимірюється в дБ/км і визначається втратами на поглинання і на розсіювання випромінювання в оптичному волокні.

Утрати на поглинання залежать від чистоти матеріалу, утрати на розсіювання залежать від неоднорідностей показника заломлення матеріалу.

Загасання залежить від довжини хвилі випромінювання, що вводиться у волокно. В даний час передачу сигналів по волокну здійснюють у трьох діапазонах: 0.85 мкм, 1.3 мкм, 1.55 мкм, тому що саме в цих діапазонах кварц має підвищену прозорість.

Інший найважливіший параметр оптичного волокна - дисперсія. Дисперсія - це розсіювання в часі спектральних і модових складових оптичного сигналу. Існують три типи дисперсії: модова, матеріальна і хвилевідна.

**Модова дисперсія** притаманна багатомодовому волокну й обумовлена наявністю великого числа мод, час поширення яких різний.

**Матеріальна дисперсія** обумовлена залежністю показника заломлення від довжини хвилі.

**Хвилевідна дисперсія** обумовлена процесами усередині моди і характеризується залежністю швидкості поширення моди від довжини хвилі.

## **1.5 Волокно-оптичні системи передачі інформації**

### **Телефонія**

Методи передачі інформації по волоконно-оптичних лініях можна розділити на дві групи: цифрові й аналогові.

Серед різноманітних сучасних видів послуг зв'язку найбільш масовими є телефонні послуги. Відповідно до вимог вітчизняних і закордонних стандартів вихідний аналоговий телефонний канал повинний мати смугу частот від 400 Гц до 3400 Гц. Однак, в аналоговому виді сигнал передається тільки від АТС до абонента і назад.

По сполучних лініях між АТС, по міських, зонавих і магістральних лініях сигнали передаються в цифровій формі. Для перетворення сигналу в цифрову форму використовується принцип імпульсно-кодової модуляції (ІКМ). Отриманий у результаті перетворення бітовий потік передається по каналу зв'язку. Якщо цей потік передається по каналу зі швидкістю 64 Кбіт/с, то такий канал називають ОЦК (основний цифровий канал) або DS0 (по міжнародній класифікації). Таким чином, 64 Кбіт/с – це швидкість, що відповідає одному телефонному каналу. Насправді, у мережах і лініях зв'язку передається одночасно велика кількість таких каналів (група каналів). Отже, по всіх лініях, за винятком абонентської ділянки, передається груповий цифровий сигнал. Він може бути отриманий, наприклад, шляхом часового поділу каналів (TDM – Time Division Multiplexing), що полягає в тому, що імпульси DS0 квантуються за часом на більш короткі імпульси, що потім групуються в новий цифровий потік. Частота, з якою відбувається часове квантування, називається тактовою. Для надійного поділу каналів на прийомній стороні в цей цифровий потік додаються ідентифікаційні синхроімпульси на границях відповідних основних потоків. Тому в груповому каналі швидкість передачі інформації зростає пропорційно числу основних каналів. При проектуванні волоконно-оптичних систем передачі необхідно враховувати цілий ряд особливостей, пов'язаних з фізичними властивостями як середовища передачі, так і кінцевих пристроїв – оптичного передавача і приймача оптичних сигналів. Одна з таких

особливостей-вибір типу сигналу передачі (так званого лінійного каналного коду). Вибір сигналу складна і надзвичайно важлива проблема, від правильного рішення якої залежать техніко-економічні показники приймально-передавальної апаратури і проекрованої системи в цілому.

### **Волоконно-оптичні інформаційно-вимірювальні системи**

Наступним напрямком застосування волоконно-оптичних технологій є розвиток комп'ютерних інформаційно-вимірювальних систем для задач вимірювання геометричних параметрів об'єктів зі складною просторовою поверхнею у важко доступних місцях, які використовують безконтактні оптичні методи вимірювань, що мають високі функціональні та експлуатаційні якості і забезпечують зростання продуктивності у виробництві деталей машин.

Широке використання вказаних технологій, які призводять до детального вимірювання геометричних параметрів, можливість функціонування в умовах інтенсивних промислових завод, фізичних та механічних впливів, зниження масогабаритних показників, підвищення швидкодії та точності, ставить завдання пошуку нових науково-технічних досліджень на методичному, структурному та алгоритмічному рівнях при створенні безконтактних систем вимірювання геометричних параметрів об'єктів, що вказує на недостатність існуючих засобів вимірювання. Одним із перспективних напрямків вирішення даної проблеми є проектування апаратних засобів оптичних вимірювальних систем, створення діагностичного та інформаційно-вимірювального забезпечення процесів перетворення, передачі та обробки інформації в комп'ютеризованих вимірювальних системах. Застосування безконтактних методів вимірювання з використанням волоконно-оптичних засобів дає можливість: проводити вимірювання геометрії об'єктів та внутрішніх поверхонь деталей, підвищення швидкодії проведення вимірювань та контролю геометрії, отримання високоефективних придатних для контролю та діагностики комп'ютерних тривимірних моделей

складних поверхонь та їх розмірних лінійних величин, підвищення ефективності заводозахисту, використання сучасних високошвидкісних волоконно-оптичних мереж в якості ліній передачі та прийому.

Відповідно задача розробки, синтезу апаратних засобів, оптимізації та дослідження нових підходів з питань реалізації безконтактних інформаційно-вимірювальних комп'ютерних систем і пристроїв, спрямованих на підвищення швидкості, метрологічних характеристик та заводозахисності за допомогою волоконно-оптичних систем є актуальною.

### **Розподілені волоконно-оптичні вимірювальні мережі**

Для безперервного розвитку науки і техніки необхідні сучасні вимірювальні технології. Неруйнівний моніторинг структурних елементів інженерних конструкцій являє собою ÷ надзвичайно важливу задачу сучасної науки і техніки. Великою мірою виросли вимоги до технічного стану потенційно небезпечних об'єктів: нафтопереробних, плотин, гідроелектростанцій, тунелів, мостів, спортивних комплексів і висотних будівель. Створення та експлуатація таких об'єктів вимагає розробки протяжних систем моніторингу. У зв'язку з цим виникає необхідність створення спеціалізованих вимірювальних засобів, що володіють розподіленою в просторі чутливістю. Широкі можливості вирішення подібних задач відкриває застосування вимірювальних систем на основі розподілених волоконно-оптичних вимірювальних мереж (ВОВМ).

Розподілений волоконно-оптичний вимірювальний перетворювач, названий в подальшому вимірювальною лінією (ВЛ) або датчиком, являє собою безперервну чутливу ділянку волоконного світловоду, що сприймає зовнішні впливи. Сучасні волоконно-оптичні датчики дозволяють вимірювати майже все. Наприклад, тиск, температуру, відстань, положення в просторі, прискорення, коливання, масу, звукові хвилі, рівень рідини, деформацію, коефіцієнт заломлення, електричне поле, електричний струм, магнітне поле, концентрацію газу, дозу радіаційного випромінювання і т.д. Оптичне волокно

використовується як лінія зв'язку, а також є чутливим елементом. В останньому випадку використовується чутливість волокна до електричного поля (ефект Керра), магнітного поля (ефект Фарадея), до вібрації, температури, тиску, деформації (вигину).

Такі системи розподілених волоконно-оптичних датчиків, можуть застосовуватися для систем охорони периметра з визначенням місця впливу. Наскільки нам відомо, на нашому ринку вони не представлені. За кордоном такі системи використовуються для охорони протяжних периметрів (до 100 км), забезпечують низький рівень помилкових спрацьовувань і невисоку, порівняно з іншими системами, ціну за погонний метр. Подібні системи використовуються для охорони периметрів таких об'єктів як аеропорти, ядерні реактори, електростанції, території складів і інші протяжні території.

У багатьох випадках необхідно визначати не тільки факт порушення кордону об'єкта, але і його місце. В цьому випадку необхідні мультисенсорні системи. Така система може бути реалізована кількома способами. Перший спосіб - зв'язати кілька дискретних датчиків в мережу або масив з виходами від кожного датчика, що мультиплексуються з поділом за часом (TDM - time division multiplexing), або частоті (FDM - frequency division multiplexing), або за іншою схемою (рис.1.1)

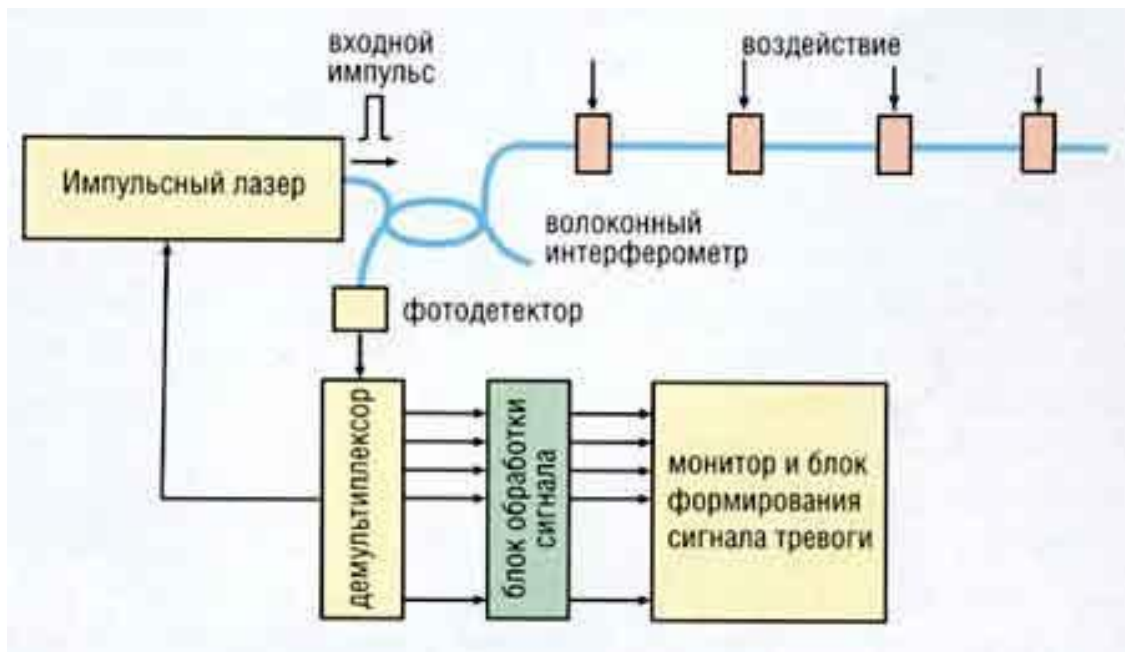


Рис. 1.1 Массив датчиков с тимчасовим ущільненням сигналів

Другий спосіб полягає у використанні властивості волоконно-оптичних систем щодо можливості створення розподілених сенсорів.

Один з варіантів - використання рефлектометрії випромінювання релєєвського розсіювання. У оптичне волокно подається світло лазера з високою вихідною потужністю і коротким імпульсом випромінювання, і потім вимірюються параметри зворотнього релєєвського розсіювання, а також Френелевського відображення, від стиків і торців волокна. За тимчасової затримки між моментом випромінювання імпульсу і моментом приходу сигналу зворотного розсіювання визначається місце розташування неоднорідності, за інтенсивністю випромінювання зворотного розсіювання визначаються втрати на ділянці лінії. Таке сканування за допомогою великого числа імпульсів і обробка і усереднення дозволяють отримати картину розподілу втрат в лінії і їх зміна під зовнішнім впливом.

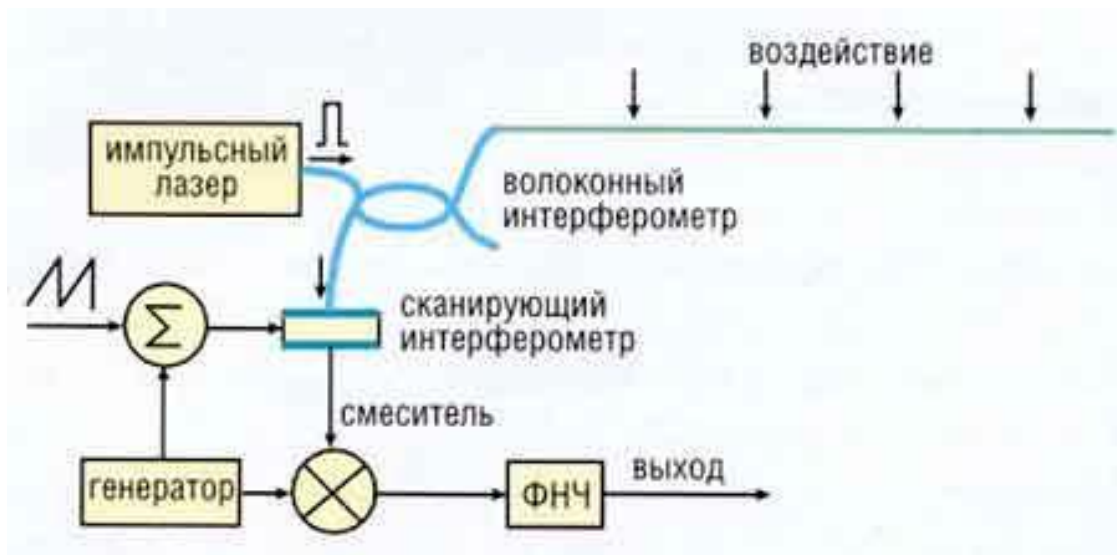


Рис. 1.2 Розподілений рефлектометричний сенсор

Другий варіант - використання інтерферометричних датчиків на Бреггівських решітках. Відбивні Бреггівські решітки в серцевині одномодового оптичного волокна можуть бути створені ультрафіолетовим випромінюванням ексимерного лазера шляхом опромінення через відповідну маску або голографічним способом (впливом двох інтерферуючих променів). Відрізок оптичного волокна між двома решітками являє собою інтерферометр Фабрі-Перо, відображення (і пропускання) якого залежать від оптичної різниці фаз відбитого від першої і другої решітки оптичного сигналу. Під впливом різних факторів (деформації, акустичних коливань, температури, а при відповідному покритті волокна, електричного або магнітного поля) змінюється різниця фаз, а, отже, і відображення. Інтерферометричні датчики мають найбільшу чутливість до зміни довжини відрізка волокна під впливом зовнішніх факторів. Схема волоконно-оптичного розподіленого датчика з решітками на одну довжину хвилі наведена на рис. 1.3.



Рис. 1.3 Схема волоконно-оптического розподіленого датчика з решітками на одну довжину хвилі і тимчасовим демультиплексуванням

Як джерело випромінювання використовується одночастотний одномодовий напівпровідниковий лазер, що працює в імпульсному режимі. Імпульси від кожної системи решіток приходять з різною тимчасовою затримкою. Для поділу сигналів від кожної ділянки використовується тимчасове мультиплексування. Для демодуляції сигналу використовується синхронне детектування, для цього в схему введений фазовий модулятор. Оптична лінія затримки формує серію імпульсів, зсунутих за часом, кожен їх яких інтерферує з імпульсом, відбитим від відповідної ділянки волокна.

## 1.6 Застосування нейротехнологій в волоконно-оптичних системах передачі інформації

У випадку розподілених волоконно-оптичних вимірювальних мереж (ВОВМ) не можна напряму скористатися принципами організації традиційних томографічних систем. Існують особливості, що ускладнюють вирішення завдання реконструкції просторових розподілень фізичних полів (ФП) за томографічними даними, що формуються розподіленою ВОВС:

- недостатня кількість напрямків спостережень;
- всі прийнятні алгоритми реконструкції розподілень досліджуваних ФП ітераційні і не дозволяють створювати швидкодіючі інформаційно-вимірювальні системи навіть шляхом організацій паралельних обчислювань;
- складність геометрії досліджуваних областей, нестандартні схеми укладки вимірювальних ліній, в тому числі нерегулярні;
- «протяжність» ВОВМ викликає необхідність опрацювання великих масивів даних.

Ці та інші особливості можуть обмежувати можливі використання розподілених ВОВС. Тому основна увага в даній роботі приділена опрацюванню вимірювальної інформації, яка полягає в оптимізації параметрів вимірювальної мережі і подальшому опрацюванню інформації за допомогою спеціалізованих нейромережових технологій.

**Нейронні мережі** - це розділ штучного інтелекту, в якому для обробки сигналів використовуються явища, аналогічні тим, що відбувається в нейронах живих істот. Найважливіша особливість нейронних мереж, що свідчить про їх широкі можливості і величезний потенціал, полягає в паралельності обробці даних при апаратній реалізації.

При великій кількості міжнейронних зв'язків це дозволяє значно прискорити процес обробки інформації. У багатьох випадках стає можливим перетворення сигналів в реальному часі. Крім того, при великому числі міжнейронних з'єднань мережа набуває стійкості до помилок, що виникають на деяких лініях. Функції пошкоджених зв'язків беруть на себе справні лінії, в результаті чого діяльність мережі не зазнає суттєвих збурень.

Не менш важлива здатність нейронних мереж до навчання та узагальнення накопичених знань. Нейронна мережа має риси штучного інтелекту. Навчена на обмеженій множині даних мережа здатна узагальнювати отриману інформацію і показувати хороші результати на даних, що не використовувалися в процесі навчання.

Крім того, архітектура нейронних мереж дозволяє реалізувати їх із застосуванням технологій надвисокого ступеня інтеграції. Різниця елементів мережі невелика, а їх повторюваність величезна. Це відкриває перспективу створення універсального процесора з однорідною структурою, здатного переробляти різноманітну інформацію і не вимагає обов'язкової наявності програми обробки, достатня тільки постановка задачі.

Функції, що можуть виконувати мережі, поділяються на кілька груп:

- апроксимація;
- класифікація і розпізнавання образів;
- прогнозування;
- ідентифікація та оцінювання;
- асоціативне управління.

Апроксимуюча мережа грає роль універсального апроксиматора функції декількох змінних, який реалізує нелінійну функцію виду  $y = f(x)$ , де  $x$  - вхідний вектор, а  $y$  - реалізована функція кількох змінних. Безліч задач моделювання, ідентифікації, обробки сигналів вдається сформулювати в апроксимаційній постановці.

Для класифікації та розпізнавання образів в процесі навчання мережа накопичує знання про основні властивості цих образів, таких, як геометричне відображення структури образу, розподіл головних компонентів (РГК), або інші характеристики. При узагальненні акцентуються відмінності образів один від одного, які і складають основу для вироблення класифікаційних рішень.

В галузі прогнозування завдання мережі формулюється як передбачення майбутньої поведінки системи за наявною послідовністю її попередніх станів.

За інформацією про значення змінної в моменти часу, що передують прогнозуванню, мережа вираховує рішення про те, чому має бути рівне значення досліджуваної послідовності, що оцінюється в поточний момент часу.

У задачах управління динамічними процесами нейронна мережа виконує, як правило, декілька функцій. По-перше, вона являє собою нелінійну модель цього процесу і ідентифікує його основні параметри, необхідні для вироблення відповідного керуючого сигналу. По-друге, мережа виконує функції системи спостереження, відстежує зміну умов навколишнього середовища і адаптується до них. Вона також може грати роль нейрорегулятора, що заміняє собою традиційні пристрої. Важливе значення, особливо при управлінні роботами, має класифікація поточного стану і вироблення рішень про подальший розвиток процесу.

У завданнях асоціації нейронна мережа виступає в ролі асоціативного запам'ятовуючого пристрою. Тут можна виділити пам'ять автоасоціативного типу, в якій взаємозалежності охоплюють тільки конкретні компоненти вхідного вектора, і пам'ять гетероасоціативного типу, за допомогою якої мережа визначає взаємозв'язки різних векторів.

Різні способи об'єднання нейронів між собою та організації їх взаємодії, привели до створення мереж різних типів. Кожен тип мережі, у свою чергу, тісно пов'язаний з відповідним методом підбору ваг міжнейронних зв'язків (тобто навчання).

Розглядаючи нейронну мережу як набір елементів, які виконують деякі обчислення над вхідними даними, можна вивчати рішення головного та допоміжного завдань. До головної належать функції генерації, навчання і тестування нейронних мереж. Допоміжні завдання: визначення значущості вхідних сигналів, контрастування нейронних мереж, навчання прикладів, визначення мінімального вирішального набору вхідних параметрів, отримання логічно прозорої нейронної мережі і, в кінцевому рахунку, знань з даних. Для

вирішення цих завдань розроблено та використовується математичний апарат штучних нейронних мереж. Архітектури та алгоритми дозволяють навчати і тестувати нейронні мережі, вирішувати різні завдання обробки даних.

Застосування технології нейронних мереж для вирішення обчислювальних завдань дозволяє досягти високого рівня паралелізму і робить можливим використовувати розподілені обчислювальні комплекси, системи та обчислювальні мережі з різними топологіями для реалізації алгоритмів.

Нейронні мережі являють собою сукупність однотипних базових елементів - нейронів, з'єднаних між собою лініями передачі інформації або синаптичними зв'язками з певними коефіцієнтами ваги і, завдяки такій структурі, вони володіють дуже високим ступенем внутрішнього паралелізму. Виділяють групу зв'язків, по яких мережа отримує інформацію із зовнішнього світу, і групу вихідних зв'язків, з яких знімаються вихідні сигнали мережі. Нейронні мережі застосовуються для вирішення різних задач класифікації та прогнозування. Нейронна мережа навчається вирішенню задач на підставі деякої навчальної вибірки - "задачника", що складається з набору пар "вхід-необхідний вихід", і далі здатна вирішувати приклади, що не входять в навчальну вибірку.

В роботах з функціонального аналізу і теорії функцій, сформульовані основні положення теорії апроксимації функцій. Зокрема, хороші результати досягнуті в поліноміальній апроксимації. Ключове місце тут займає добре відома теорема Вейєрштрасса про можливість рівномірної апроксимації за допомогою поліномів з будь-якою точністю неперервної дійсної функції  $f$ , визначеної на діапазоні  $[-1,1]$ . Отримані результати використовуються для обґрунтування можливості апроксимації за допомогою нейронних мереж.

Нейронні мережі - неточні пристрої, що вирішують задачі апроксимації, наближення функції. Найчастіше спроба найбільш точного навчання нейронної мережі призводить до поганих результатів тестування. Тому більш

правильним являється посилання на наступні теореми про апроксимацію, що дозволяють використовувати нейронні мережі для вирішення прикладних задач:

- 1) теорема Вейєрштрасса (1885)
- 2) теорема Стоуна М. (1947)
- 3) узагальнена теорема Стоуна (1990-і).

Для перетворення старих і розробки нових методів і алгоритмів нейроінформатика використовує спеціальні способи опису архітектури і методів навчання. Найпоширеніші елементи архітектури нейронних мереж - синапс, суматор, нелінійний елемент, точка розгалуження.

Ці елементи не обов'язково використовуються при побудові нейрокомп'ютерів і нейроімітаторів, але дуже зручні для опису нейронних мереж.

Для опису алгоритмів і пристроїв в нейроінформатиці розроблена спеціальна "схемотехніка", в якій елементарні пристрої - суматори, синапси, нейрони тощо об'єднуються в нейронні мережі, призначені для вирішення різних задач.

Простий суматор (рис. 1.4) не має параметрів, що налаштовуються.

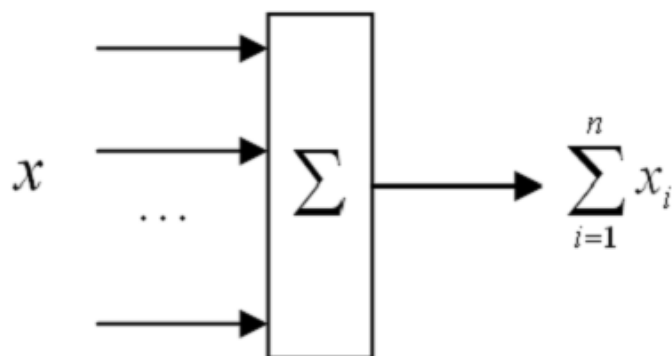


Рис.1.4 – простий суматор

Він має векторний вхід і видає на виході суму координат вхідного сигналу.

Дуже важливий елемент нейромереж - це *адаптивний суматор*.

Адаптивний суматор обчислює скалярний добуток вектора вхідного сигналу  $x$  на вектор параметрів  $\alpha$ . Іншими словами, він обчислює лінійну однорідну функцію  $(x, \alpha)$ , має  $n$  параметрів, що налаштовуються (рис. 1.5).

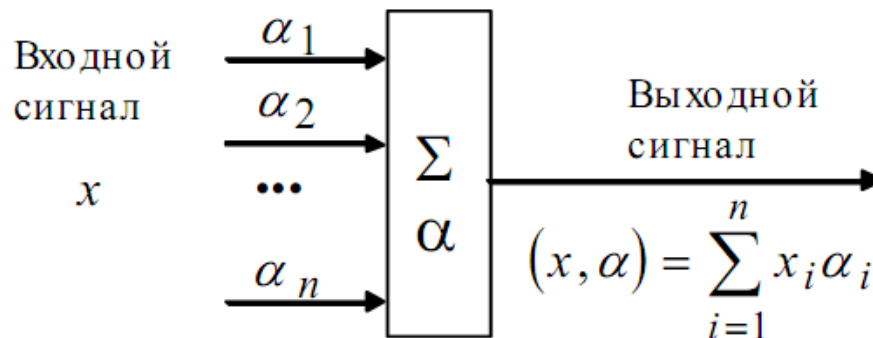
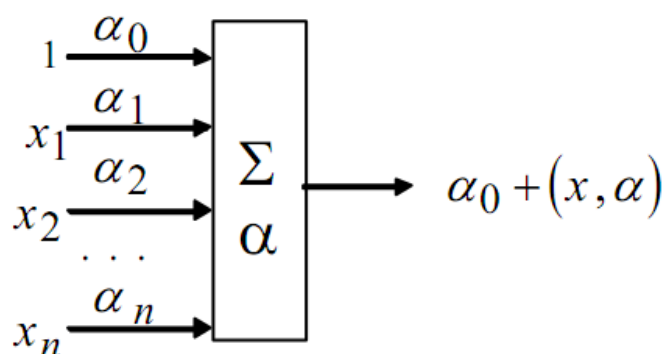


Рис. 2. Адаптивный сумматор

Рис. 1.5 – адаптивний суматор

Для багатьох завдань корисно мати неоднорідну лінійну функцію вихідних сигналів. Її обчислення також можна представити за допомогою адаптивного суматора, що має  $n + 1$  вхід і отримує на 0-й вхід постійний одиничний сигнал. Тут головне - подавати на один з входів постійне значення. Використання одиниці, найчастіше, зручніше, хоча не обов'язкове. Суматор з таким додатковим входом називають неоднорідний адаптивний суматор (рис. 1.6).



### Рис. 1.6 – Неоднорідний адаптивний суматор

У деяких задачах можуть розглядатися й інші типи суматорів, наприклад, квадратичний. Квадратичний суматор обчислює квадратичну форму від вектора вхідного сигналу  $X$ .

При розмірності вхідного сигналу  $n$  квадратичний суматор має  $n(n + 1) / 2$  параметрів, що налаштовуються  $Q_{II}$ , а також  $n + 1$  звичайних параметрів  $W$ . Суматор такого типу добре досліджений.

Лінійний зв'язок - синапс - є лінія передачі сигналу, яка має один параметр, який налаштовується і називається вага синапсу або синаптичний коефіцієнт. Синапс отримує на вході скалярний сигнал  $x$  (вхідний сигнал) і видає на виході добуток  $ax$ . Окремо від суматорів синапс, зазвичай, не зустрічається. Як правило, набір синапсів розглядається разом з суматором, до якого вони підключені, а ваги синапсів одночасно служать вагами адаптивного суматора. Ваги синапсів мережі утворюють набір адаптивних параметрів, налаштовуючи які, нейронна мережа навчається вирішенню задач.

Зазвичай на діапазон зміни ваг синапсів накладаються деякі обмеження, наприклад, приналежності ваги синапсу діапазону  $[-1, 1]$  або інший зручний діапазон.

Точка розгалуження служить для розсилки одного сигналу по декільком напрямкам. Вона отримує скалярний вхідний сигнал  $x$  і передає його на всі свої виходи.

Формальний нейрон найчастіше складається з вхідного суматора, нелінійного перетворювача і точки розгалуження на виході.

Перераховані вище прості елементи нейронних мереж можуть бути об'єднані в більш складні елементи: блок, шар, колонка. Найчастіше використовується шар. Шар (layer) - набір нейронів або суматорів, (псевдо) одночасно сприймає вхідну інформацію і (псевдо) одночасно генерує вихідні сигнали. Виділяють кілька видів шарів - вхідний, вихідний, прихований внутрішній робочий шар (hidden), який не отримує вхідних сигналів і не

генерує вихідних.

### **3. НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ**

#### **3.1 Основні нейромережеві конструкції для обробки інформації розподіленої волоконно-оптичної вимірювальної мережі (ВОВМ)**

Вибір нейромережевих методів визначається їх швидкістю, здатністю до навчання і можливістю виконання практично будь-якого перетворення даних, навіть в тому випадку, якщо воно не може бути описано певною функціональною залежністю.

Адаптивність нейросистем, що виходить із здатності до навчання дозволяє підлаштовувати обчислювальну систему під зміни параметрів вирішуваного завдання.

Нейронні мережі не підходять для вирішення завдань класичної томографії при великій кількості проєкцій, оскільки число змінних надзвичайно велике. Однак в задачах з розподіленими ВОВМ при малій кількості напрямів укладки вимірювальних ліній (ВЛ) проєкційних даних відносно небагато, що дозволяє використовувати нейронні мережі.

Одним із способів отримання інформації про стан розподіленої волоконно-оптичної вимірювальної мережі є отримання синограми шляхом сканування досліджуваної області набором паралельних вимірювальних ліній. Аналіз особливостей вирішення задач розпізнавання стану розподіленої ВОВМ і представлення діагностичної моделі у вигляді нейромережових ансамблів дозволяє сформулювати загальні вимоги до інтелектуальних систем розпізнавання, які обумовлюють принципи їх побудови:

- НМ повинна бути орієнтована на рішення конкретної задачі. Вимога проблемної орієнтації НМ призводить до реалізації принципу адекватності її структури та зовнішнього середовища, тобто можливості гнучкої структурної

і функціональної перебудови. Цим обумовлюється найважливіша властивість нейромережі (НМ) – адаптивність до змін зовнішнього середовища;

- початкова структуризація НМ повинна проводитися методами формального синтезу, за допомогою яких визначається оптимальна структура НМ, що включає кількість нейронних шарів і нейронних ансамблів, кількість нейроподібних елементів в кожному шарі, наявність детермінованих зв'язків між ними і початкові вагові коефіцієнти;

- проявляти властивості асоціативності, тобто здатність НМ відновлювати інформацію, що зберігається в ній, за наявною частковою (фрагментарною) інформацією;

- здібність НМ до навчання і самонавчання, що є основною її “інтелектуальною” властивістю й дозволяє здійснювати функціонування без жорстких зовнішніх програм. Ця властивість НМ визначає можливість її параметричної адаптації до задач, які вирішуються;

- необхідність рішення задач розпізнавання в масштабі часі, близькому до реального. Ця вимога досягається шляхом реалізації принципу паралельності обробки інформації, що приводить до різкого підвищення швидкодії НМ.

Структура нейромережевої системи (НМС) розпізнавання стану розподіленої ВОВМ містить  $m$ -нейронних ансамблів (шарів), які визначаються кількістю класів технічних станів, що розпізнаються. Клас технічних станів відповідає нейронному шару, а число класів визначається глибиною пошуку дефекту, тобто структурним елементом, що визначає проблемну ділянку об'єкту сканування (рис. 3.1).

Так як розподілена ВОВМ містять  $m$  можливих класів технічних станів, що призводять до неправильного функціонування структурного елемента і об'єкту сканування у цілому, простір технічних станів породжує нейронний ансамбль статистичним описом класу через імовірний діагностичний портрет (імовірну діагностичну матрицю). Таким чином, кількість шарів у структурі

буде визначатися кількістю класів, тобто кількістю структурних елементів, що потребують втручання оператора ВОВМ.

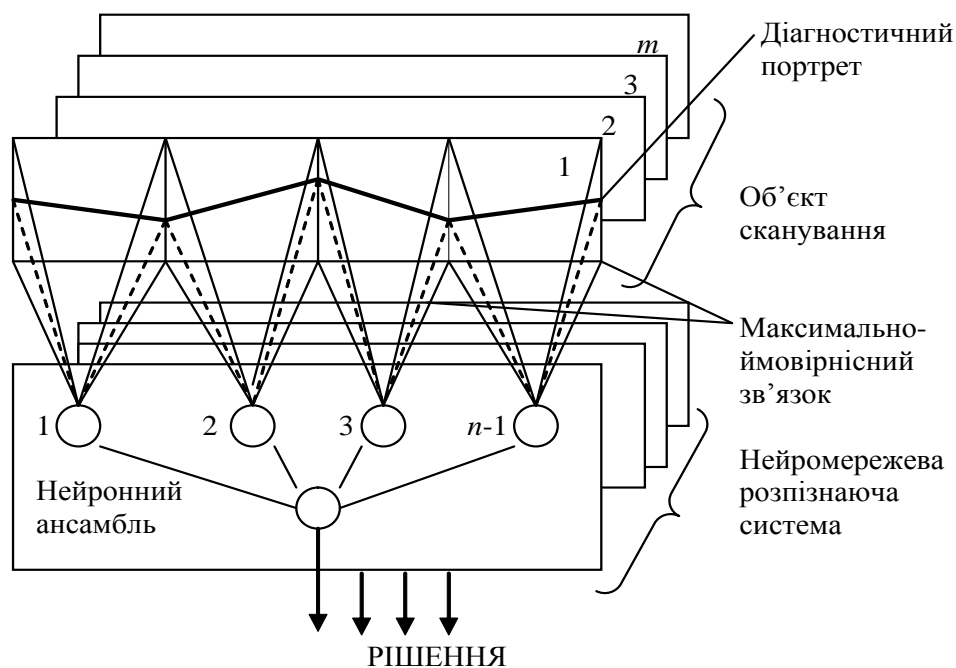


Рис. 3.1 Структура нейромережевої системи розпізнавання стану розподіленої ВОВМ

Число нейроподібних елементів (нейронів) у шарі, визначається обсягом статистичної вибірки. При цьому великі статистичні вибірки збільшують розмірність простору станів, представлених діагностичним портретом (набором симптомів), а малі не дозволяють однозначно зв'язати симптоми з діагнозом. Оптимальним буде діагностичний портрет, що дозволяє одержати необхідний обсяг діагностичної інформації. При цьому обсяг статистичної вибірки буде визначатися кількістю контрольних точок об'єкта діагностування. Таким чином, кількість нейроподібних елементів у нейронному ансамблі буде визначатися діагностичним портретом (набором симптомів) і контрольних точок в об'єкті контролю. Сукупність нейронних ансамблів (шарів) являє собою нейронну мережу. Такі діагностичні НМ є

спрощеною марковською моделлю. Однак вони мають асоціативні властивості, що нагадують властивості біологічних систем.

Одним з важливих напрямків дослідження процесу функціонування ВОВМ є вирішення задач підвищення ефективності систем розпізнавання стану розподіленої ВОВМ (СРС). До них відносяться: розробка моделі формалізованого опису об'єктів зовнішнього середовища  $J(w)$  і розвиток сучасних високоефективних методів розпізнавання  $Y_k(X)$ , що дозволяють забезпечити надійне і своєчасне розпізнавання в умовах динамічної обстановки при неповній, нечіткій і суперечливій інформації про стан функціонування мережі..

Сукупність технічних станів, які необхідно розпізнати, і впливів, що діють на об'єкт контролю (ОК), можуть бути представленні у виді динамічних систем. Ці зміни ідеалізуються як миттєві і називаються подіями та представляються у виді діагностичних портретів. Під цим терміном, що охоплює відповідні поняття фізичного, інформаційного та виробничого характеру, розуміється заняття динамічною розподіленою мережею визначеного технічного стану чи конфігурації станів. Еволюційні зміни, що проходять між подіями, не приймаються до уваги і вважається, що динаміка системи розвивається дискретно від події до події. Така система є дискретно-подійною.

Дискретно-подійні системи (ДПС) можуть бути представленні тільки стохастичними у виді логічних, алгебраїчних чи орієнтованих на функціонування моделей. Математичний апарат для опису стохастичних моделей, орієнтованих на функціонування ДПС, обраний на основі марковських полів (ланцюгів). Таке математичне представлення дозволяє описати функціонування ДПС як елемента зовнішнього середовища і оптимально відобразити його на структуру детермінованої частини НМС ТД.

Число станів ДПС визначається точністю кусково-постійної апроксимації неперервної фазової траєкторії динамічного об'єкта. Підвищення точності

кусково-постійної апроксимації фазової траєкторії неперервної системи вимагає введення простору технічних станів  $A$  великої розмірності, що затрудняє аналітичний опис. Виходом із положення є можливість збільшення (склеювання) станів, тобто перехід від простору конфігурацій  $\Omega = A^T$  до простору станів  $\Omega_B = B^T$ . Нові макростани можуть бути отримані шляхом об'єднання колишніх технічних станів таким чином:

$$B_k = \sum_{j \in \{K\}} A_j; k = 1, \dots, p; j = 1, \dots, r; p < r,$$

де  $\{K\}$  - множина індексів станів  $\{A_j\}$  об'єднаних у  $B_k$ .

Зовнішнє середовище для нейромережевої системи (НМС) розпізнавання стану розподіленої БОВМ може бути представлено у виді сукупності розпізнавання дискретно-подійних систем із зв'язаними дискретними технічними станами.

Узагальнена модель проблемно-орієнтованої НМС системи розпізнавання стану розподіленої БОВМ має структуру (рис. 3.2):

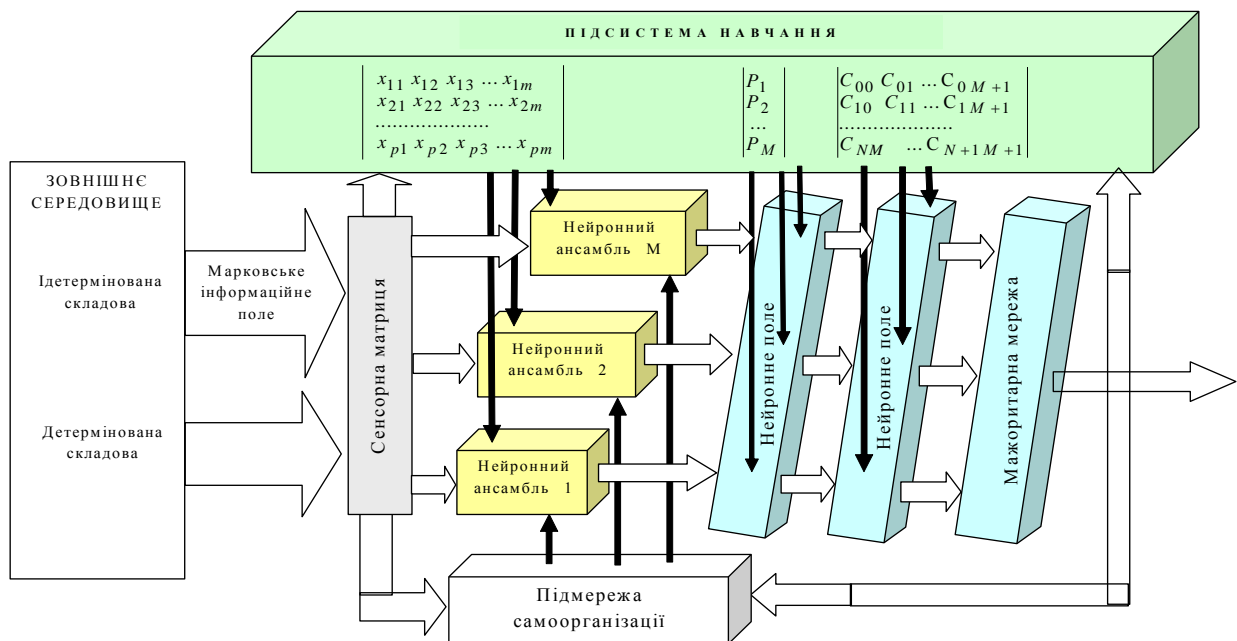


Рис. 3.2 Узагальнена модель проблемно-орієнтованої нейромережевої системи розпізнавання стану розподіленої БОВМ

- сенсорну матрицю, що сприймає інформаційне марковське поле у вигляді сукупності спостережень;
- сукупність нейронних ансамблів (класифікаторів), визначається числом класів  $M$ ;
- нейронне поле, що враховує апіорну інформацію у вигляді ймовірностей гіпотез  $P$ ;
- нейронне поле, що враховує значення елементів платіжної матриці  $C$ ;
- мажоритарну мережу, що приймає рішення  $\Gamma$  про розпізнання;
- підсистему (підмережу) навчання.

Маючи обмежену чисельність вимірів діагностичних ознак, отриманих з синогорами шляхом сканування досліджуваної області набором паралельних вимірювальних ліній, необхідно розробити таку процедуру обробки вимірювань, що дозволяє автоматично одержувати інформацію про технічний стан усіх його елементів.

Діагностичні ознаки сприймаються сенсорною матрицею у вигляді сукупності спостережень:  $X = (X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_m), i = 1, 2, \dots, n$ .

В окремому сенсорному каналі відбувається редукція вибіркового простору  $X$ , у результаті якої маємо послідовність дискретних змінних  $U_k, k = 0, 1, \dots, n-1$ , які приймають значення  $Z_1, Z_2, \dots, Z_r$ .

Необхідно синтезувати структуру нейроподібного класифікатора, що реалізує вирішальну функцію  $\gamma(U)$  на скороченому вибіркового просторі  $U$ .

Послідовність дискретних змінних  $U_n, k = 0, 1, \dots, n-1$ , які приймають значення  $z_a, a = 1, 2, \dots, r$ , можна апроксимувати векторами  $\Xi, \Phi(0)_\mu$  та  $\Xi, \Phi(k)_\mu$ .

Використовуючи векторні позначення, можна записати:

$$\ln l_\mu = (\Xi, \Phi(0)_\mu) + (\Xi, \Phi(k)_\mu) = |\Xi| |\Phi(0)_\mu| \cos(\Xi \wedge \Phi(0)_\mu) + |\Xi| |\Phi(k)_\mu| \cos(\Xi \wedge \Phi(k)_\mu),$$

де  $|\Xi| |\Phi(0)_\mu|, |\Phi(k)_\mu|$  - модулі векторів  $\Xi, \Phi(0)_\mu, \Phi(k)_\mu$ ;

$(\Xi \wedge \Phi(0)_\mu), (\Xi \wedge \Phi(k)_\mu)$  - кути між цими векторами.

Зазначений вище вираз цілком визначає оптимальну структуру класифікатора при фіксованих  $j$  та  $i$ . Він дозволяє виконати інтерпретацію функціонування синтезованої структури. Таким чином, на вхід кожного ансамблю надходить той самий вектор збудження. Ансамблі розрізняються ефективністю своїх зв'язків. Якщо довжина векторів для всіх ансамблів однакові, то величина збудження ансамблю при незмінному  $\Xi$  буде залежати тільки від кутів між  $(\Xi \wedge \Phi(0)_\mu)$  і  $\Xi \wedge \Phi(k)_\mu$ . Це значить, що максимально збуджується той ансамбль, вектора  $\Phi(0)_\mu$  та  $\Phi(k)_\mu$ , якого колінеарні вектору  $\Xi$ . Рішення приймається за номером максимально збудженого ансамблю.

Структура найпростішої нейроподібної системи розпізнавання стану розподіленої ВОВМ це набір  $M+1$  ансамблів нейронних мереж першого шару. Ансамбль складається з  $n$ -нейронів, рівень збудження яких визначається як

$$Y_\mu(k) = \sum_{a=1}^n \Xi a(k) \Phi_a(k)_\mu,$$

Кожен нейрон здійснює кодування процесу, що визначається за, так званим, методом мічених ліній, при якому певним значенням процесу надаються у відповідність визначені (мічені) лінії  $Z_1, Z_2, \dots, Z_a, \dots, Z_k$  і отже, певному значенню параметра процесу відповідає один максимально збуджений синаптичний зв'язок  $\Xi_a(k) = 1$ .

На відміну від типового нейрона, синаптичні зв'язки якого рівнозначні, у нейрона, що здійснює кодування методом мічених ліній, синаптичні зв'язки мають пріоритет. Синоптичному входу з великим номером відповідає більше значення параметра процесу. Ще одна відмінність полягає у тому, що у  $k$ -й момент часу збуджується тільки один синаптичний зв'язок  $i$ , тим самим, значно спрощується задача введення й управління порогом  $\Theta$ , за допомогою вагової функції  $w$ . Дійсно

$$Y_\mu(k) = \sum_{a=1}^r \Xi a(k) \Phi_a(k)_\mu - \Theta_a(k)_\mu = \sum_{a=1}^r \Xi a(k) \Phi_a(k)_\mu. \quad (3.1)$$

При  $\Theta_a(k)_\mu = 0$  структура системи, що розпізнає, є квазілінійною, а при  $\Theta_a(k)_\mu > 0$  вона має нелінійні граничні властивості.

Другий шар нейронів в ансамблі реалізує операцію

$$\ln l_\mu(k) = \sum_{k=0}^n Y_k(k). \quad (3.2)$$

Він з'єднаний з першим шаром проекційними зв'язками, які встановлюють однозначну відповідність між нейронами різних полів, тобто передають зміни стану з одного поля в інше.

Вхідною інформацією для третього шару нейронів є вектор  $\ln L(U) = (\ln l_0(U), \ln l_1(U), \dots, \ln l_m(U))$ . Він виконує роль мажоритарного логічного пристрою.

Вирази (3.1) і (3.2) цілком визначають структуру системи, що розпізнає технічний стан мережі. Введемо матрицю зв'язків  $k$ -ї групи сенсорів із  $k$ -м нейроном, склавши її з індикаторів збудження:

$$\Xi = \begin{pmatrix} \Xi_1 \\ \Xi_1 \\ \dots \\ \Xi_k \end{pmatrix}. \quad (3.3)$$

Введемо також поняття коефіцієнта міжнейронного зв'язку  $S$  в ансамблі (у шарі),

$$S_{kl} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \epsilon : \text{ зв'язок між } k\text{-ою групою рецепторів.} \\ i & \text{якщо існує } i\text{-й нейрон.} \\ 0, & \text{у зворотному випадку.} \end{cases}$$

Утворимо матрицю міжнейронних зв'язків, склавши її з коефіцієнтів міжнейронних зв'язків:

$$S = \begin{pmatrix} S_{00} & S_{01} & \cdots & S_{0_{n-1}} \\ S_{10} & S_{11} & \cdots & S_{1_{n-1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{n-1} & S_{nn} & \cdots & S_{n-1_{n-1}} \end{pmatrix}, \quad (3.4)$$

Матриці  $\Xi_k$  і  $S$  цілком визначають структуру зв'язків в ансамблі. Для випадку  $Y = 0$  матриця  $S$  перебудовується в діагональну з розмірністю  $n \times n$ .

Синтезовані структури припускають фіксований об'єм вибірки, тобто система, що розпізнає, спостерігає відразу всю фазову траєкторію.

Інформаційне поле сприймається сенсорною матрицею у вигляді сукупності спостережень:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1i} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2i} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{p1} & x_{p2} & \cdots & x_{pi} & \cdots & x_{pn} \end{pmatrix}. \quad (3.5)$$

Кожен стовпчик  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{pi})$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  і рядок  $x_j = (x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{ji})$ ,  $j = 1, 2, \dots, p$  матриці  $X$  є відповідно  $n$  і  $p$  – мірні вектора процесів.

Можливі  $M + 1$  гіпотеза  $H_0, H_1, \dots, H_\mu, \dots, H_M$  про належність спостерігаючого інформаційного поля  $\mu$ -го класу. Відомі апіорні ймовірності гіпотез  $P = P\{H_\mu\}$ ,  $\mu = 0, 1, \dots, M$ . Відома також платіжна матриця:

$$C = \begin{pmatrix} C_{00} & C_{01} & C_{02} & \cdots & C_{0_{M+1}} \\ C_{10} & C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1_{M+1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ C_{M+10} & C_{M+11} & C_{CM+12} & \vdots & C_{M+1_{M+1}} \end{pmatrix}, \quad (3.6)$$

елемент  $C_{jm}$  якої є платою за рішення  $\gamma_\mu$ , коли істинною була гіпотеза  $H_j$ ,  $j = \mu = 0, 1, \dots, M$ . Простір рішень  $\Gamma = (\gamma_0, \gamma_2, \dots, \gamma_M)$  складається з  $M + 1$

елемента, де  $\gamma_\mu$  - рішення прийняти гіпотезу  $H_\mu$ . Задача системи розпізнавання заключається в тому, щоб за результатами спостереження прийняти одну з гіпотез і відхилити інші. Середній ризик при ухваленні рішення визначається таким чином:

$$R = \sum_{j=0}^m \sum_{\mu=1}^m C_{j\mu} P_j \int_{G_\mu} w(x_1, x_2, \dots, x_m) H_0 / X. \quad (3.7)$$

Мінімальне значення середнього ризику досягається у тому випадку, якщо до області  $G_\mu$  ухвалення рішення  $\gamma_\mu$  РС віднесе точки  $x$  вибіркового простору, що задовольняють системі нерівностей:

$$\sum_{j=1}^M (C_{ij} - C_{jm}) \frac{P_i w(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m) / H_i}{P_0 w(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m) / H_0} \geq C_{0\mu} - C_{0j}. \quad (3.8)$$

Якщо ввести вектор відносин правдоподібності  $l(x) = [l_0(x), l_1(x), l_\mu(x), \dots, l_m(x)]$ ,

де  $l_\mu = \frac{w(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m) / H_\mu}{w(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m) / H_0}$ , тоді систему нерівностей (3.8) можна

представити у виді:

$$\sum_{j=1}^M (C_{ij} - C_{jm}) \frac{P_i}{P_0} l_i(x) \geq C_{0\mu} - C_{0j}. \quad (3.9)$$

Вектор  $l(x)$  несе всю інформацію про гіпотези, що перевіряються і для ухвалення рішення про результати спостереження досить обчислювати компоненти  $M$ -мірного вектора відносин правдивості. Задачу обчислення  $l(x)$  й ухвалення рішення в структурі нейророзпізнаючій системі (НРС) вирішує класифікатор.

При рішенні будь-яких задач, пов'язаних із розпізнаванням сигналів, необхідно попередньо оцінити ступінь відповідності прийнятих сигналів (діагностичних портретів) еталонним, тобто, визначити критерій ухвалення рішення. Кількісну міру відповідності приходиться вибирати по-різному, у відповідності від характеру проведених досліджень.

Помилкове рішення при контролі функціонування мережі виявляється у тому, що практично знятий діагностичний сигнал (портрет) одного класу буде віднесений до іншого класу технічного стану. Якщо помилка є випадковою подією, то вірність ухвалення рішення природно характеризувати ймовірністю відсутності помилки, тобто ймовірністю правильної класифікації. Якщо ймовірність помилки позначимо через  $P_{пом}$ , то ймовірність правильної класифікації:  $P_{пр} = 1 - P_{пом}$ , тому що помилка і правильна класифікація утворюють повну групу подій.

Повертаючись до системи розподілених волоконно-оптичних датчиків, можуть застосовуватися для систем охорони периметра з визначенням місця впливу. Для розділення сигналів, створених порушником від шумів і перешкод використовується аналізатор сигналів, заснований на принципі нейронної мережі. Застосування нейронної мережі забезпечує високу надійність виявлення при низькому рівні помилкових спрацьовувань. Типова схема блоку обробки сигналів наведена на рис. 3.3.



Рис. 3.3 Схема блоку обробки сигналів

У застосуванні до задач розпізнавання сигналу вторгнення від датчика в охоронних системах, нейронна мережа або нейрокомп'ютер - це обчислювальна система, алгоритм вирішення завдань в якій представлений у вигляді мережі порогових елементів з динамічно перебудованими

коефіцієнтами і алгоритмами налаштування, незалежними від розмірності мережі порогових елементів і їх вхідного простору .

Алгоритм навчання нейронної мережі (так званий алгоритм зворотного поширення) полягає в тому, що вихід останнього шару нейронів порівнюється зі зразком навчання, і з різниці між бажаним і дійсним робиться висновок про те, якими мають бути зв'язки нейронів останнього шару з попереднім. Потім подібна операція проводиться з нейронами передостаннього шару. У підсумку по нейромережі від виходу до входу біжить хвиля зміни ваг зв'язків. Нейронна мережа, в загальному вигляді, володіє двома чудовими властивостями: здатністю до навчання на деякій множині прикладів і стабільно розпізнавати (прогнозувати) нові ситуації з високим ступенем точності, причому в умовах сильних зовнішніх електромагнітних полів, таких як поява суперечливих або неповних значень. Навчання системи зводиться до роботи алгоритму підбору вагових коефіцієнтів, який діє без безпосередньої участі оператора.

Сигнал на вхід нейромережевого аналізатора подається у вигляді спектрального вектора, який формується процесором DSP (digital signal processing), принцип дії якого заснований на алгоритмах швидкого перетворення Фур'є. На вході процесора розташований адаптивний фільтр, який оптимізує роботу пристрою. Прикладом реалізації розподіленого датчика для охорони периметра є система «Fiber Fence-2000» фірми «Fiber Instrument sales Inc.», США. Принцип дії її заснований на оптичній рефлектометрії. Максимальна протяжність периметра складає 80 км. Система використовується спільно з огорожею. В системі передбачена прив'язка охоронної системи до карти місцевості, сигнал тривоги відображається на моніторі із зазначенням місця вторгнення. Вартість системи становить близько 80 тис. дол.

#### **4. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕСТУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**

Виконаємо дослідження нейронної мережі для апроксимації обраної функції, використовуючи функції пакета Neural Networks Toolbox. До складу пакету входить більше 160 різних функцій, що дають можливість створювати, навчати і досліджувати нейронні мережі.

Для виконання роботи необхідно запустити MATLAB і перейти в командне вікно. Сформувавши послідовність входів та цілей мережі, у нашому випадку на вхід подаються дані вимірювань 5 датчиків ВОВМ, а цілями є фактичний стан об'єкту сканування також для 5 ВОВМ, отримаємо НМ такої структури рис. 4.1 та рис. 4.2.

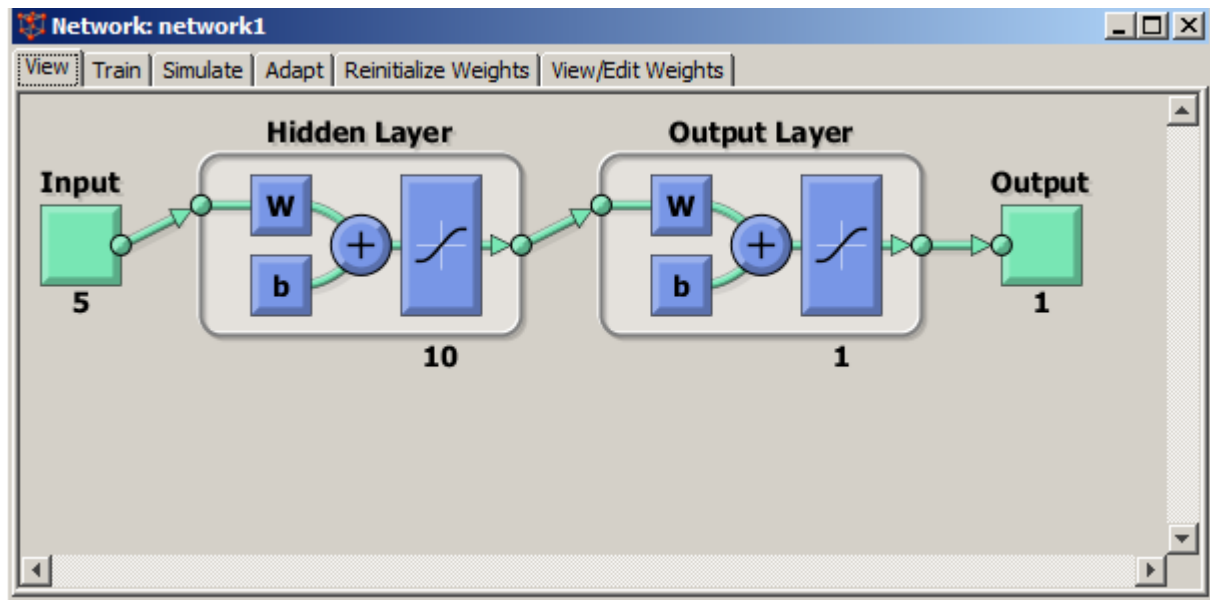


Рис. 4.1 Структурна схема нейронної мережі

Перед тим як використовувати НМ її потрібно навчити.

Завершити процес навчання можна, керуючись різними критеріями. Можливі ситуації, коли переважно зупинити навчання, вважаючи достатнім деякий інтервал часу. З іншого боку, об'єктивним критерієм є рівень помилки.

Для нашої мережі можна встановити наступні поля:

1. кількість епох ( epochs ) - визначає число епох ( інтервал часу ), по закінченню яких навчання буде зупинено.

Епохою називають одноразове представлення всіх навчальних вхідних даних на входи мережі.

2. досягнення мети або попадання ( goal ) - задається абсолютна величина функції помилки, при якій мета буде вважатися досягнутою.

3. період оновлення ( show ) - період оновлення графіка кривої навчання, виражений числом епох.

4. час навчання ( time ) - після закінчення зазначеного тут тимчасового інтервалу, вираженого в секундах, навчання припиняється.

Якість навчання мережі для обраної навчальної послідовності відображається графіком (рис. 4.3, рис. 4.4). Видно, що до кінця процесу

навчання помилка стає дуже малою (вид даного малюнка при повторі обчислень може відрізняться від наведеного).

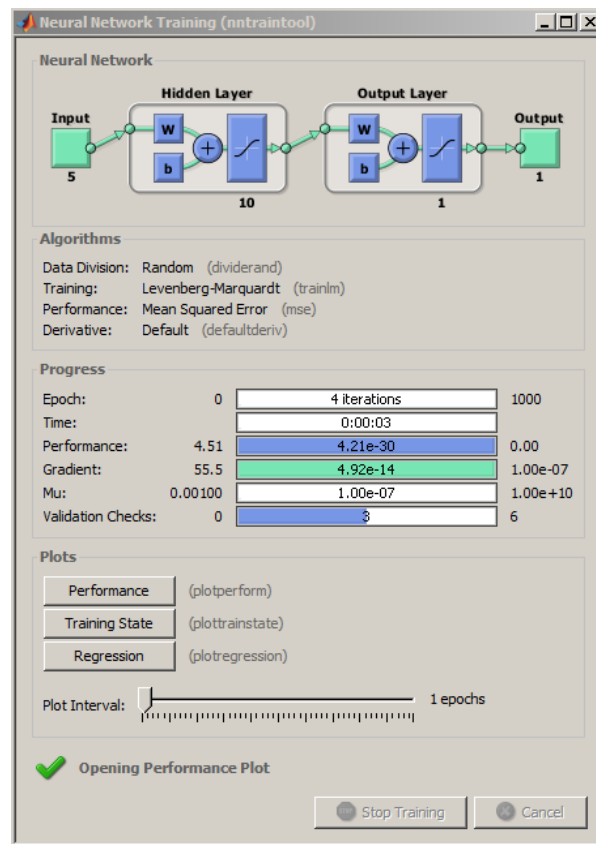


Рис. 4.2 Створення НМ в Матлаб

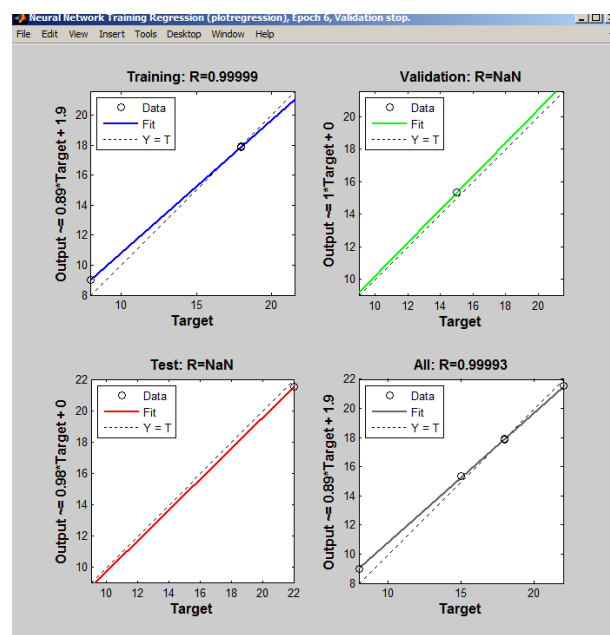


Рис. 4.3 Результати навчання

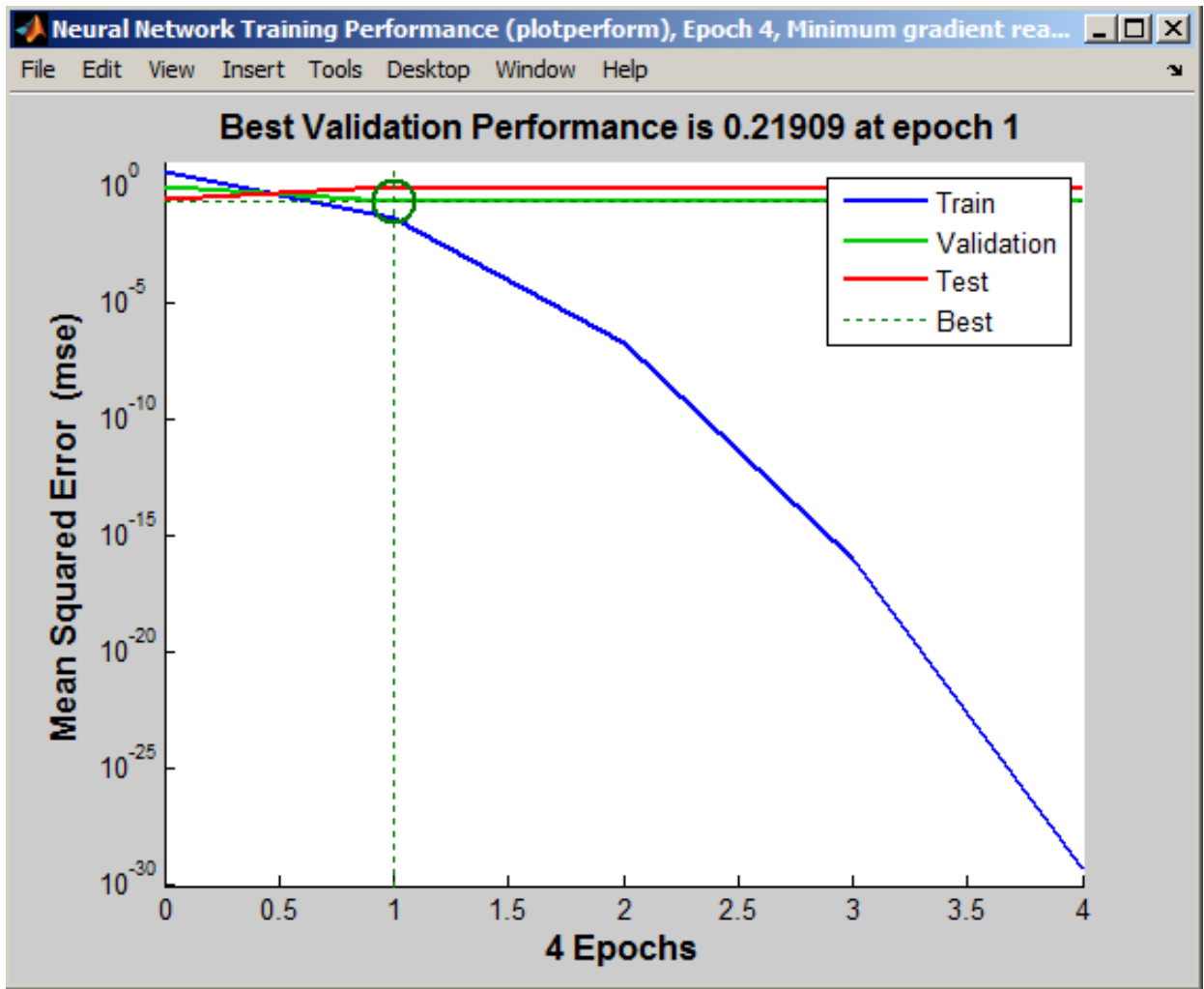


Рис. 4.4 Графік успішного навчання нейронної мережі

У нашому випадку, результатами навчання є такі значення (рис.4.5):

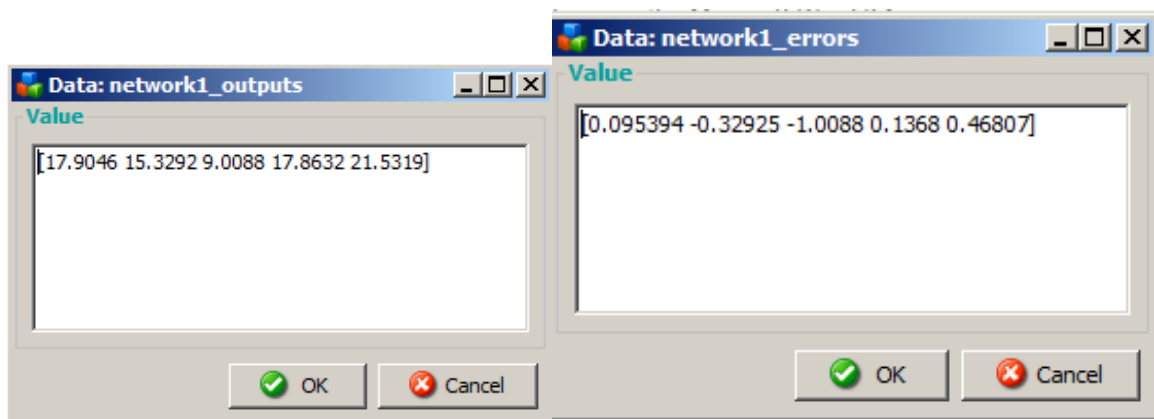


Рис. 4.5 Значення помилок та виходів

Слід зазначити, що в даному випадку точність апроксимації заданої функції вийшла не дуже високою - максимальна абсолютна похибка становить 0.468, відносна - 46%, у чому можна переконатися, переглянувши значення помилок (`network1_errors`) або виходів (`network1_outputs`) мережі. Зауважимо, що точність апроксимації тут можна було б підвищити, конструюючи мережу з великим числом нейронів, але при цьому необхідна і більш представницька навчальна вибірка.

Навчання мережі можна проводити в різних режимах. У зв'язку з цим, в додатку NNTool передбачено дві вкладки, що представляють навчальні функції: розглянута раніше вкладка Train і " Адаптація" ( Adapt ). Adapt вміщує вкладку інформації адаптації ( Adaption Info ), на якій містяться поля, схожі за своїм призначенням з полями вкладки Training Info і виконують ті ж функції. Остання містить єдине поле " Проходи " ( passes ). Значення, вказане в цьому полі, визначає, скільки разів всі вхідні вектори будуть представлені мережі в процесі навчання.

Надалі попередньо навчену нейронну мережу можна використовувати для більш детального моделювання в середовищі Matlab. Для цього можна скористуватись програмним додатком Simulink.

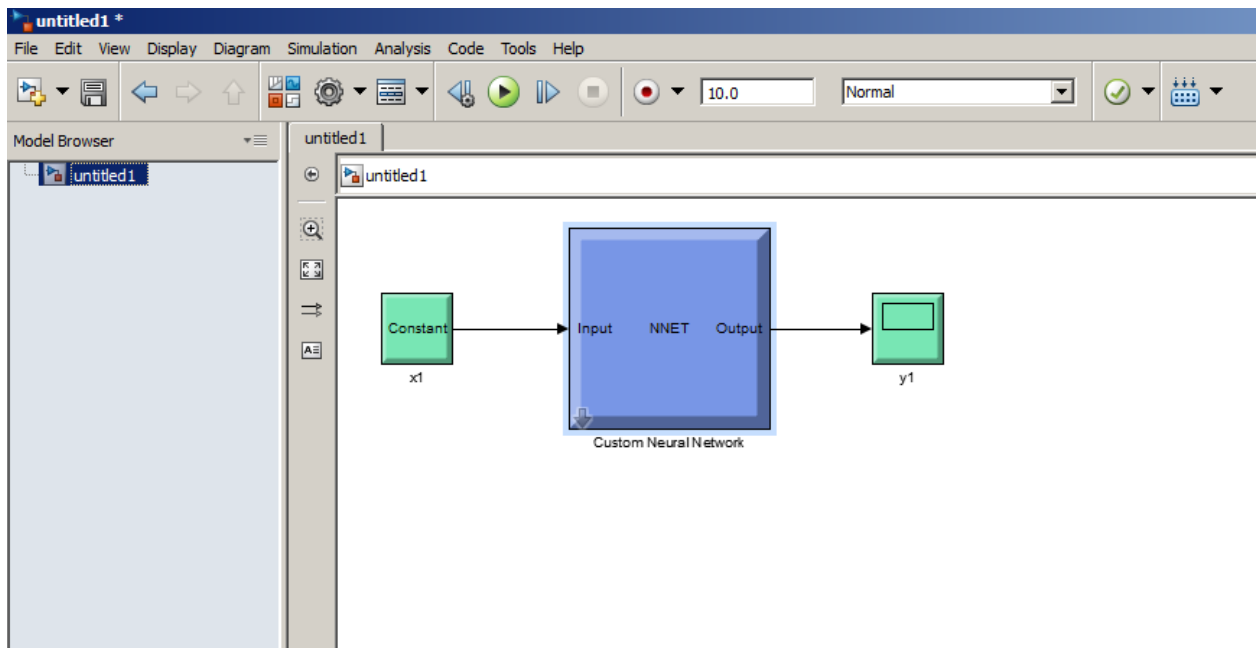


Рис. 4.6 Схемне рішення реалізації НМ в Simulink

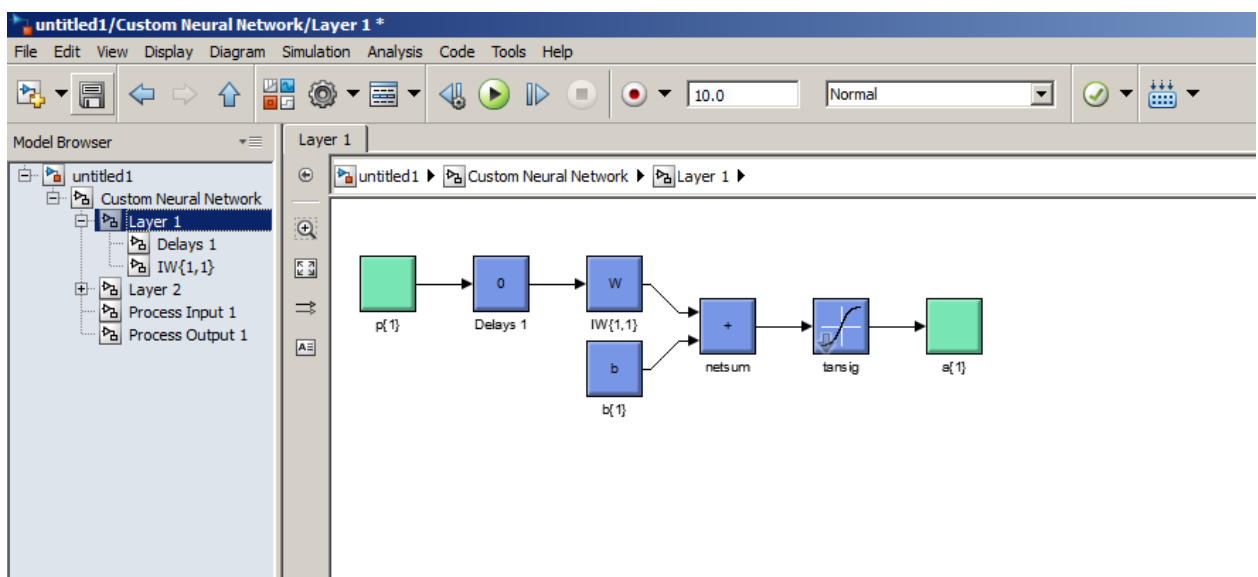


Рис. 4.7 Структура шару 1.

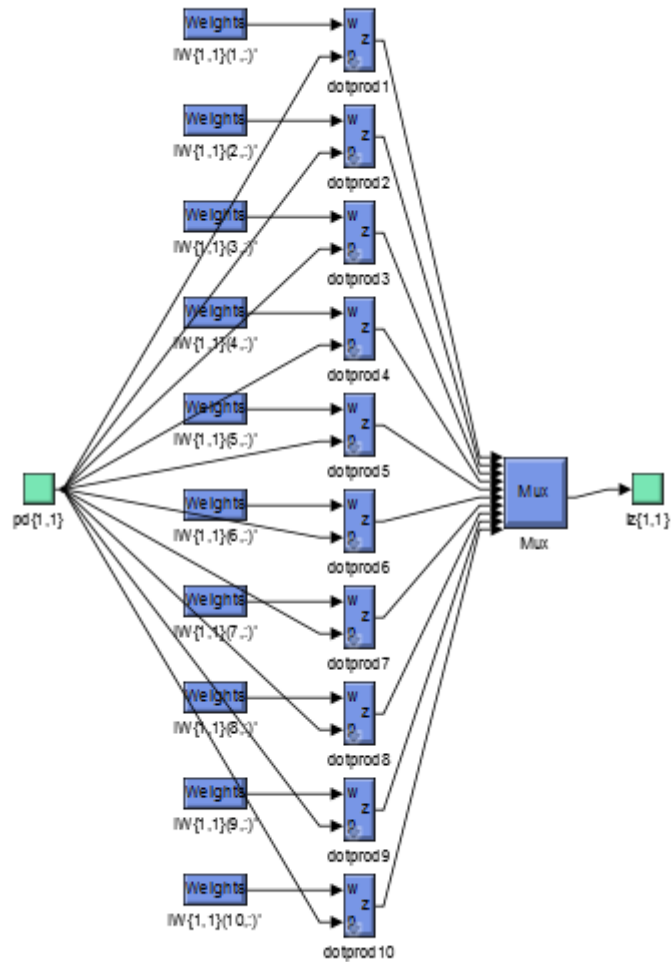


Рис. 4.8 Детальна схема шару 1.

На рис. 4.8, 4.9 спостерігаємо схемне рішення шару 1 в НМ, який складається з попередньо заданих 10 нейронів.

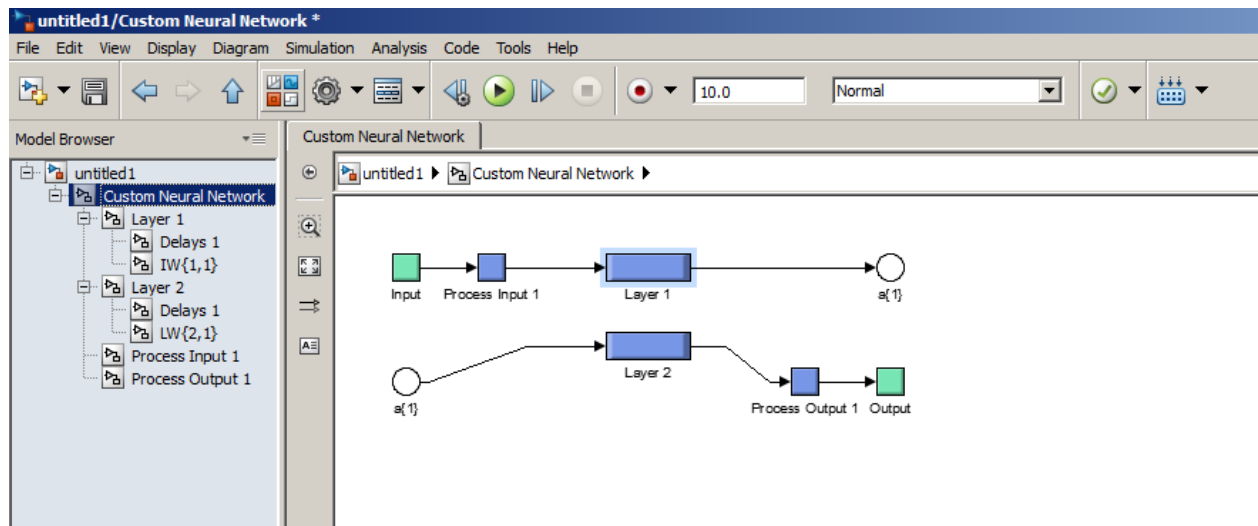


Рис. 4.9 Нейронна мережа користувача

На рис. 4.9 зображено загальну нейронну мережу користувача. Зазначимо, що дана мережа вже є навченою, тому її можна використовувати для подальшої роботи, перед цим задавши усі необхідні дані.

## **5. ЕРГОНОНОМІКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

### **5.1 Розрахунок часу евакуації людей при пожежі в приміщенні**

Підприємство є одноповерховою будівлею, що відображена на рис. 5.1 розмірами 10 м. на 20м.; кількість робочих кімнат 8; кількість працюючих 13; кількість виходів 1.

Для розрахунку загального часу евакуації необхідно розрахувати час на кожній ділянці руху людей, починаючи від максимально віддаленої точки.

Рух людей під час процесу евакуації є вимушеним, тобто пов'язаним із необхідністю покинути приміщення чи будівлю через виниклу небезпеку. Вимушений рух людей має свої специфічні особливості, вже на початковій стадії, людині погрожує небезпека в результаті того, що пожежа супроводжується виділенням теплоти, продуктів повного й неповного згорання, токсичних речовин, обвалення конструкцій, що так чи інакше погрожує людині. Із цього слід зробити висновок, що при плануванні будівлі і устрої приміщень в них необхідно прийняти заходи, щоб процес евакуації міг закінчитися безпечно і в необхідний час.

Друга особливість полягає у тому, що в силу погрожуючої людині небезпеки рух інстинктивно починається одночасно в один і той же напрям – у сторону виходів. Це призводить до того, що проходи швидко заповнюються людьми при визначеній щільності потоків. Із збільшенням щільності потоків швидкість руху зменшується, що створює певний визначений ритм руху. В цій ситуації з'являється погроза утворення затору, і дуже важко запобігти їй.

Показником ефективності процесу вимушеної евакуації є час, на протязі якого люди можуть при необхідності покинути окремі приміщення і будівлю в цілому. Безпечність, досягнута тоді, коли цей час менший, ніж тривалість пожежі. Короткочасність процесу евакуації повинна досягатися не тільки конструктивно-планувальними рішеннями, на які звертали увагу раніше, але й організаційними рішеннями.

Процес евакуації людей можна поділити на три етапи :

- рух людей від найбільш віддаленої точки приміщення до евакуаційних виходів;
- рух людей від евакуаційних виходів до виходів на зовні ;
- рух людей від виходів із будівлі та їх розсіювання.

При евакуації основними параметрами, які характеризують процес руху людей є :

- 1) щільність людського потоку –  $D$ , люд/м<sup>2</sup>;
- 2) швидкість руху людського потоку –  $v$ , м/хв;
- 3) пропускна спроможність шляху (виходів) -  $Q$  ;
- 4) інтенсивність руху людського потоку -  $q$  ;

1) Щільність людського потоку  $D$ , яка складається з  $N$  людей, дорівнює:

$$D_1 = \frac{N_1 f}{A}, \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (5.1),$$

де  $A = g \cdot l$  – площа шляху евакуаційної ділянки [м<sup>2</sup>];

$l$  – довжина ділянки;  $g$ - ширина ділянки;

$f$  – площа горизонтальної проекції людини.

Якщо  $D < 0.05$  людина має повну свободу пересування;

Якщо  $0.05 < D < 0.15$  людина не може вільно змінювати напрямок свого руху;

Якщо  $0.15 < D \leq 0.92$  люди рухаються вкупі. Величина 0.92 є верхньою межею, коли люди рухаються вкупі, та нею обмежується щільність при проектуванні евакуаційних шляхів.

2) Швидкість руху людського потоку  $v$  залежить від його щільності  $D$  та виду шляху (горизонтальні чи похилі). Значення швидкості  $v$ , а також інтенсивності руху людського потоку  $q$  в залежності від його щільності  $D$  приведено в табл. 6.1.

3) Пропускна спроможність шляху  $Q$  (м/хв чи люд/хв)

$$Q = D \cdot v \cdot \delta, \text{ м}^2/\text{хв}. \quad (5.2)$$

4) Інтенсивністю руху людського потоку  $q$  (м/хв чи люд/хв)

$$q = D \cdot v \quad (5.3)$$

Таблиця 5.1 Значення швидкості  $v$  і інтенсивності  $q$  руху людського потоку залежно від його щільності  $D$

Щільність потоку $m^2/m^2$ , $D$	Горизонтальний шлях		Дверний проем	Сходи вниз		Сходи вгору	
	Швидкість м/хв. $v$	Інтенсивність, $q$ м/хв.	Інтенсивність, $q$ м/хв.	Швидкість м/хв. $v$	Інтенсивність, $q$ м/хв.	Швидкість м/хв. $v$	Інтенсивність, $q$ м/хв.
0,01	100	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	3
0,1	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12	13,4	68	13,6	40	8
0,4	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,6	27	16,2	19	24	14,4	18	10,8
0,8	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,9 і більше	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Інтенсивність руху не залежить від ширини шляху і являється характеристикою потоку. Інтенсивністю руху людського потоку на кожному відрізку дорівнює:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \delta_{i-1}}{\delta_i}, \text{ м/хв.} \quad (5.4)$$

де:  $\delta_i$ ,  $\delta_{i-1}$  – ширина розглядаючого  $i$ -го і перед ним ( $i - 1$ ) відрізків шляху, м;

$q_i$ ,  $q_{i-1}$  – значення інтенсивності руху потоку на розглядаючому  $i$ -му і перед ним ( $i - 1$ ) відрізках шляху, м/хв.

Якщо  $q_i$  менше чи рівно  $q_{\max}$ , то час руху на відрізку можна визначити по формулі:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1}, \quad (5.5)$$

при цьому значення  $q_{\max}$  треба приймати рівним, м/хв.:

- для горизонтальних шляхів	16,5
- для дверних проїомів	19,6
- для сходів вниз	16
- для сходів вверх	11

Розрахунковий час евакуації людей із приміщення й будівлі  $t_p$  встановлюється по розрахунку часу руху людських потоків від найбільш віддалених місць розташування. При розрахунку весь шлях руху людського потоку поділяється на ділянки (прохід, коридор, сходишковий марш, дверний проріз, тамбур) довжиною  $l_i$  і шириною  $g_i$ .

Початковими ділянками являються проходи між робочими місцями.

Розрахунковий час евакуації дорівнює :

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i = t \text{ [хв]}, \quad t_i = \frac{l_i}{v_i} \text{ [хв]}.$$

де  $t_i$  – час руху людського потоку на кожній окремій ділянці.

Умова безпечної евакуації характеризується виразом  $t_p \leq t_{нб}$ , тобто розрахункова тривалість вимушеної евакуації на різноманітних ділянках при розрахункових швидкостях людей і розрахунковій пропускній спроможності евакуаційних дверей повинна бути рівна або менша необхідного часу тривалості евакуації. Необхідний час евакуації  $t_{нб}$  визначається по таблиці.

Використовуючи вище зазначений опис, за винятком таких ділянок як дверний проріз та тамбур (не передбачена у будівлі), проведемо розрахунок часу евакуації людей для прийнятого приміщення.

Маршрут евакуації розбивається на дев'ять етапів (ділянок). Для проведення розрахунку представимо план евакуації людей (рис. 5.1).

### ***Перша ділянка***

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 1:

де  $l = 13$  м – довжина ділянки ;  $v$  – швидкість руху на ділянці.

$f = 0.113$  м<sup>2</sup> – середня площа горизонтальної проекції людини ;

$N = 2$  – кількість людей ;  $S = 3$  м – ширина ділянки .

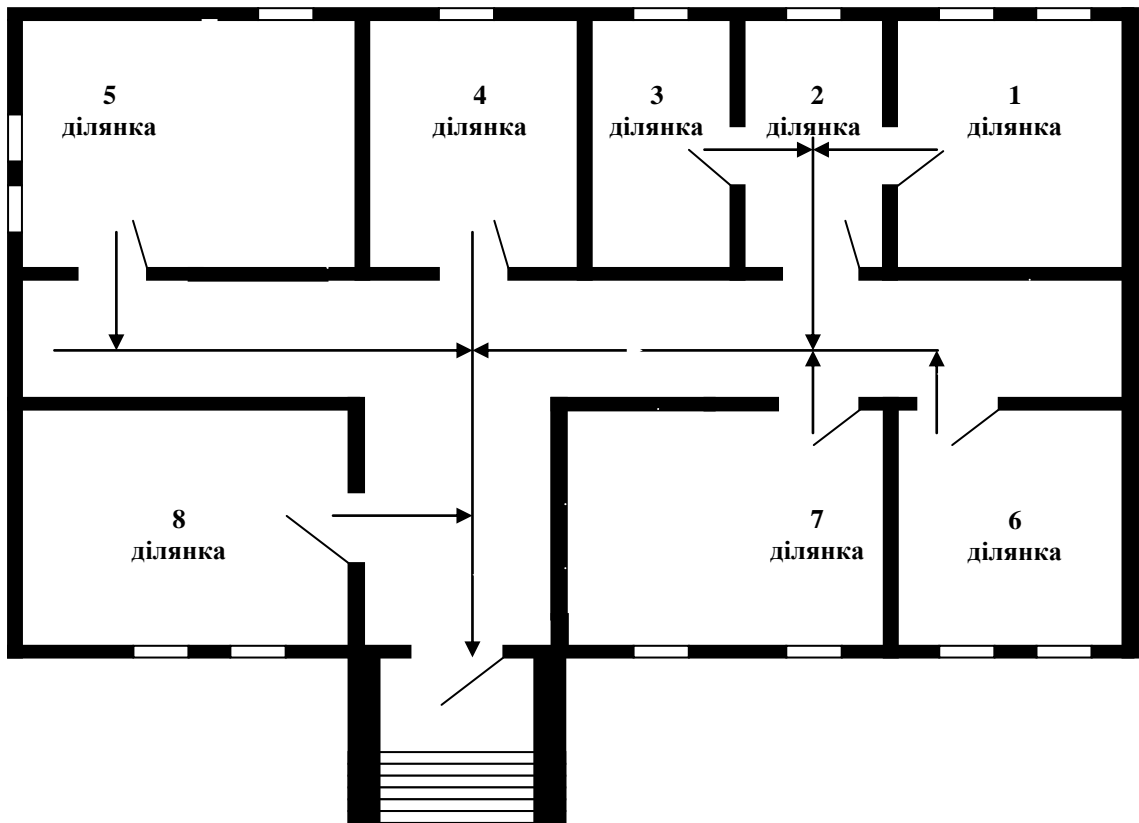


Рис. 5.1 План евакуації людей

$$D_1 = 2 \left( \frac{0.113}{3 \cdot 13} \right) = 0.006 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_1 = 100 \text{ м/хв}; q_1 = 1 \text{ м/хв.}$$

$$t_1 = 13/100 = 0,13 \text{ хв.}$$

### *Друга ділянка*

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 2:

$$D = 3 \left( \frac{0.113}{11 \cdot 3} \right) = 0.01 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_3 = 100 \text{ м/хв}; q_3 = 1 \text{ м/хв.}$$

$$t_2 = 11/100 = 0,11 \text{ хв.}$$

$$\text{де } l = 11 \text{ м}; f = 0.113 \text{ м}^2; N = 3; S = 3 \text{ м.}$$

### *Третя ділянка*

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 3:

$$D = 1 \left( \frac{0.113}{12 \cdot 3} \right) = 0.003 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_2 = 100 \text{ м/хв}; q_2 = 1 \text{ м/хв.}$$

$$t = 12/100 = 0,12 \text{ хв.}$$

де  $l = 12 \text{ м}$ ;  $f = 0.113 \text{ м}^2$ ;  $N = 1$ ;  $S = 3 \text{ м}$ .

#### ***Четверта ділянка***

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 4:

$$D = 2 \left( \frac{0.113}{5 \cdot 3} \right) = 0.01 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_4 = 100 \text{ м/хв}; q_4 = 1 \text{ м/хв.}$$

$$t = 5/100 = 0,05 \text{ хв.}$$

де  $l = 5 \text{ м}$ ;  $f = 0.113 \text{ м}^2$ ;  $N = 2$ ;  $S = 3 \text{ м}$ .

#### ***П'ята ділянка***

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 5:

$$D = 2 \left( \frac{0.113}{12 \cdot 3} \right) = 0.007 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_5 = 100 \text{ м/хв}; q_5 = 1 \text{ м/хв.}$$

$$t = 12/100 = 0,12 \text{ хв.}$$

де  $l = 12 \text{ м}$ ;  $f = 0.113 \text{ м}^2$ ;  $N = 2$ ;  $S = 3 \text{ м}$ .

#### ***Шоста ділянка***

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 6:

$$D = 2 \left( \frac{0.113}{12 \cdot 3} \right) = 0.007 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_6 = 100 \text{ м/хв}; q_6 = 1 \text{ м/хв.}$$

$$t = 12/100 = 0,12 \text{ хв.}$$

де  $l = 12 \text{ м}$ ;  $f = 0.113 \text{ м}^2$ ;  $N = 2$ ;  $S = 3 \text{ м}$ .

#### ***Сьома ділянка***

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 7:

$$D = 2 \left( \frac{0.113}{9 \cdot 3} \right) = 0.008 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_7 = 100 \text{ м/хв}; q_7 = 1 \text{ м/55в.}$$

$$T = 9/100 = 0,09 \text{ хв.}$$

Де  $l = 9 \text{ м}$ ;  $f = 0.113 \text{ м}^2$ ;  $N = 2$ ;  $S = 3 \text{ м}$ .

#### ***Восьма ділянка***

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 8:

$$D = 2 \left( \frac{0.113}{3 \cdot 3} \right) = 0.02 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_8 = 100 \text{ м/хв}; q_8 = 1 \text{ м/хв.}$$

$$t = 3/100 = 0,03 \text{ хв.}$$

$$\text{де } l = 3 \text{ м; } f = 0.113 \text{ м}^2; N = 2; S = 3 \text{ м.}$$

### ***Дев'ята ділянка***

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 9:

$$D = 7 \left( \frac{0.113}{9 \cdot 3} \right) = 0.03 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_9 = 100 \text{ м/хв; } q_9 = 1 \text{ м/хв.}$$

$$t = 9/100 = 0,09 \text{ хв.}$$

$$\text{де } l = 9 \text{ м; } f = 0.113 \text{ м}^2; N = 7; S = 3 \text{ м.}$$

### ***Десята ділянка***

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 10:

$$D = 11 \left( \frac{0.113}{5 \cdot 3} \right) = 0.08 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_{10} = 100 \text{ м/хв; } q_{10} = 1 \text{ м/56в.}$$

$$T = 5/100 = 0,05 \text{ хв.}$$

$$\text{Де } l = 5 \text{ м; } f = 0.113 \text{ м}^2; N = 11; S = 3 \text{ м.}$$

### ***Одинадцята ділянка***

Час руху людського потоку – вихід людей з кімнати № 11:

$$D = 13 \left( \frac{0.113}{3 \cdot 3} \right) = 0.1632 \text{ [м}^2/\text{м}^2], \text{ тоді } v_{11} = 60 \text{ м/хв; } q_{11} = 12 \text{ м/хв.}$$

$$t = 3/60 = 0,05 \text{ хв.}$$

$$\text{де } l = 3 \text{ м; } f = 0.113 \text{ м}^2; N = 13; S = 3 \text{ м.}$$

Загальний час евакуації :  $t = t_1 + t_2 + \dots + t_{18} = 1,01 \text{ [хв]}$ .

$t_{нб} = 2,5$  хвилин для одноповерхового будинку;

$t = 1,01 < t_{нб} = 2,5$  хв, тобто вимоги пожежної безпеки виконуються.

В зв'язку з можливістю виникнення пожежі на території будівлі внаслідок несправної роботи комп'ютерної техніки, яка підключена до електромережі, я вирішив вибрати вуглекислотні вогнегасники моделі ОУ-8 та порошкові – моделі ОП-8Б. Розмістити їх необхідно на пожежних щитах в вестибюлі та біля пожежного, по одному екземпляру кожного типу.

За допомогою вогнегасника ОУ-8 можна гасити різні речовини, крім тих, які можуть горіти без доступу повітря. Також їм можна тушити пожежу в

пристроях під напругою до 1000V, при умові приближення по струмопровідних частин не ближче одного метру.

Механізм припинення горіння за допомогою використання вуглекислого газу базується на його властивостях шляхом розбавлення знижувати концентрацію реагуючих речовин до рівня, при якому горіння становиться неможливим.

За допомогою вогнегасника ОП-8Б можна тушити палаюче електрообладнання під напругою до 1000V, легкозаймисті рідини, тліючі матеріали (навіть ті що горять без доступу повітря) праці в робочому приміщенні.

## **5.2 Ергономічні вимоги до організації і обладнання робочих місць з комп'ютерною технікою**

Оператор обробки інформації при виконанні своєї роботи майже весь робочий час знаходиться в сидячому положенні за робочим столом, на якому розташоване його робоче обладнання. Для запобігання виникнення, пов'язаних з таким видом робіт, хвороб (скаліоз, хвороби очей та ін.), а також для усунення загального дискомфорту, зменшення втомлюваності працівника, підвищенню його продуктивності необхідно правильно організувати робоче місце.

Організація робочого місця передбачає:

- правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні;
- вибір ергономічного обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини;
- раціональну компоновку обладнання на робочих місцях;
- урахування характеру та особливостей трудової діяльності;

- ДНАОП 0.00-1.31-99, ГОСТ 12.2.032-78, ДСанПІН 3.3.2.007-98 регламентує такі вимоги до організації робочого місця користувача ВДТ (візуальний дисплейний термінал):

1) Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Рекомендовані розміри столу: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 80-1000 мм. Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше ніж 450 мм, на рівні витягнутої ноги не менше 650 мм.

Робоче місце має бути обладнане підставкою для ніг шириною не менше ніж 300 мм, глибиною не менше ніж 400 мм, з можливістю регулювання по висоті в межах 150 мм та кута нахилу опорної поверхні – в межах 20°. Підставка повинна мати рифлену поверхню і бортик по передньому краю заввишки 10 мм.

2) Робочий стілець користувача ВДТ повинен мати такі основні елементи: сидіння, спинку та стаціонарні або знімні підлокітники. Робочий стілець має бути підйомно – поворотним, регульованим за висотою, за кутом нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до попереднього краю сидіння. Поверхня сидіння має бути плоскою, передній край заокругленим.

Висота поверхні сидіння має регулюватися в межах 400...500 мм, а ширина і глибина становити не менше ніж 400 мм. Кут нахилу сидіння – до 15° вперед і до 5° назад.

Висота спинки має становити (  $300 \pm 20$  ) мм, ширина – не менше ніж 380 мм, радіус кривизни горизонтальної площини – 400 мм. Кут нахилу спинки має регулюватися в межах 0...30° від вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння має регулюватися в межах 260...400 мм.

Для зниження статичного навантаження м'язів верхніх кінцівок слід використовувати стаціонарні або знімні підлокітники довжиною не менше ніж 250 мм, шириною не менше ніж 50...70 мм. Що регулюються за висотою над сидінням у межах 230...260 мм і відстанню між підлокітниками в межах 350...500 мм.

Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітронепроникним покриттям, що легко очиститься і не електризується.

Конструкція виробничих меблів для користувача ВДТ має бути такою, щоб забезпечувати йому підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – в горизонтальній площині; верхні частини рук – вертикальні; кут ліктьового суглоба (між плечем та передпліччям) – 70 - 90°; зап'ястки зігнуті під кутом не більше 20° відносно горизонтальної площини, нахил голови вперед в межах 15-20° до вертикалі.

3) Дисплей має розташуватися на столі на відстані від очей користувача не більше 700 мм (оптимальна відстань 450 – 500 мм). Розташування екрану має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом + 30° до нормальної лінії погляду працюючого. В горизонтальній площині кут спостереження екрану не повинен перевищувати 60°.

4) Клавіатуру слід розташувати на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій, який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5...10°. Висота середнього рядка клавіш має не перевищувати 30 мм. Поверхня клавіатури має бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4.

5) Документ для вводу даних розташовується на відстані 450...500 мм від очей працівника, переважно зліва, кут між екраном дисплея та документом в горизонтальній площині має бути 30 - 40°.

б) Розміщення принтера або іншого пристрою введення – виведення інформації на робочому місці має забезпечувати добру видимість екрана ВДТ, зручність ручного керування пристроєм введення – виведення інформації в зоні досяжності: по висоті 900 – 1300 мм, по глибині 400 – 500 мм. Під принтери ударної дії потрібно підкладати вібраційні килимки для гасіння вібрації та шуму. На рис. 5.2 зображено вид робочого місця з ВДТ: А-принтер. В-монітор. С-системний блок. D-клавіатура. Е-папка для документів.

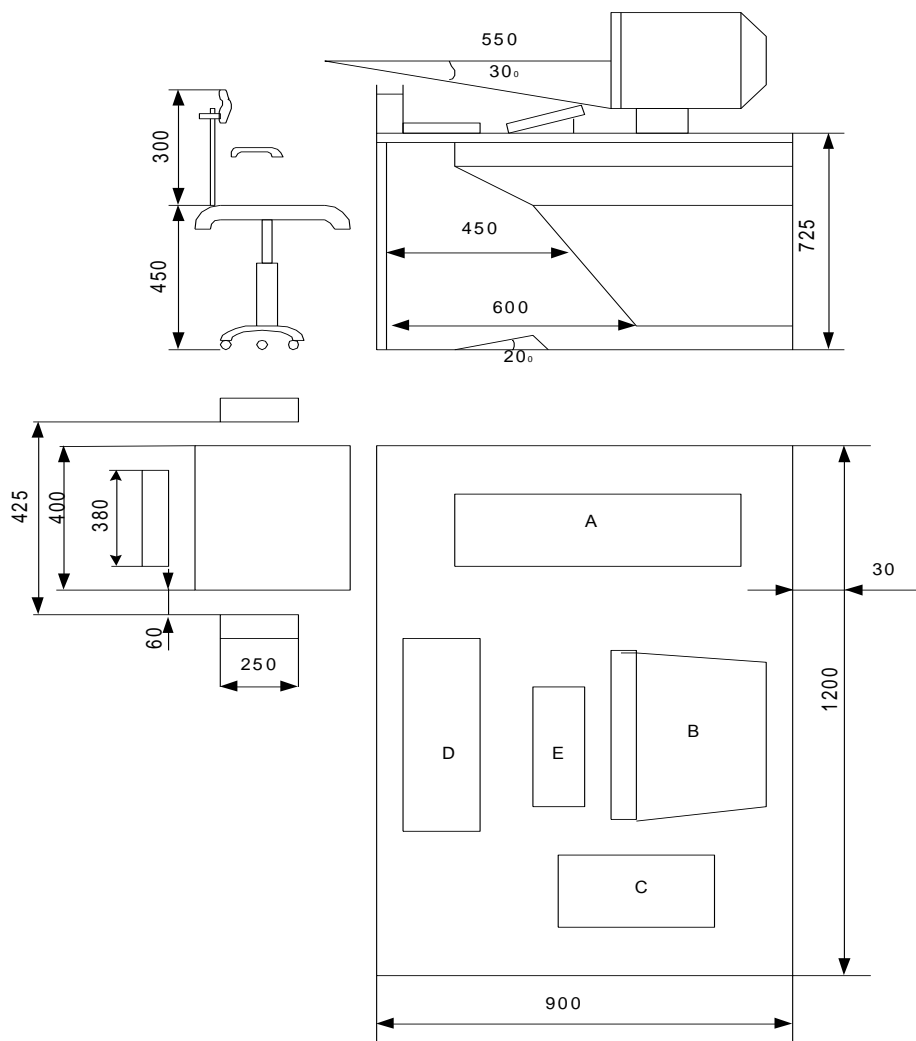


Рис. 5.2 Вид робочого місця з ВДТ

## **ВИСНОВКИ**

Запропонована модель проблемно-орієнтованої нейромережної системи розпізнавання стану розподіленої BOVM. Попередньо навчивши мережу нормативним значенням параметрів стану об'єкту, отримуючи синограми шляхом сканування досліджуваної області набором паралельних вимірювальних ліній можна виявляти стани об'єкту та надавати за результатами, які видасть нейромережа графік - діагностичний портрет стану об'єкту, що підлягає моніторингу.

Проведено моделювання найпростішої нейронної мережі та її навчання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <http://www.cnews.ru/>.
2. WiFiver.com - український Wi-Fi портал.
3. <http://wifi.nau.edu.ua/>- WI-FI мережа НАУ.
4. WI-FI.ru - російський Wi-Fi портал.
5. Щербо В.К. «Стандарти обчислювальних мереж» - М.: Кудиц - Образ, 2000.
6. Шахнович І. «Сучасні Технології бездротового зв'язку» - М.: Техносфера, 2004.
7. Джим Гейер. «Бездротові Мережі. Перший крок» - М.: Видавництво: Вільямс, 2005.
8. "Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11", Рошан, Издательский дом "Вильямс", Москва, 2004.
9. Wi-fi: «боевые» приемы взлома и защиты беспроводных сетей» А.А. Владимирова; К. В. Гавриленко; А. А. Михайловский. Москва 2005.
10. В. Г. Олифер, Н. А. Олифер Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 4-е изд.-2008, СПб, Издательский дом "Питер", 958 стр.
11. Гордейчик С. В., Дубровин В. В. Безопасность беспроводных сетей.- М.: Горячая линия- Телеком, 2008.- 288 с.:
12. <http://www.dlink.com.tr>.
13. <http://www.tradetelecom.ru>.
14. Довгий С.О., Савченко О.Я., Воробієнко П.П. та ін. Сучасні телекомунікації: мережі, технології, економіка, управління, регулювання / За ред. С.О. Довгого. – К.: Український Видатничий Центр, 2002. – 520 с.
15. Тененбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. – СПб. Питер. 2005. – 992 с.

16. Росляков А.В., Ваняшин С.В., Самсонов М.Ю. и др. Сети следующего поколения NGN / Под ред. А.В. Рослякова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 424 с.
17. Величко В.В., Катунин Г.П., Шувалов В.П. Основы инфокоммуникационных технологий. Учебное пособие для вузов/Под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 712 с.
18. Иртегов Д.В. Введение в сетевые технологии. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 560 с.
19. Autonomic Systems: Concept for Self-Managing IT Infrastructure White Paper. Fujitsu Siemens Computers, March 2003.
20. Brassard G. Modern Cryptology. - N.Y.: Springer-Verlag, 1988. - 107 p.
21. Cisco Systems, Designing a Campus Network for High Availability. – 2006 – 60с.
22. Cisco Systems, Campus Design: Analyzing the Impact of Emerging Technologies on Campus Design. – 2006. – 91с.
23. Cisco Systems, Understanding Rapid Spanning Tree Protocol (802.1w) (Document ID: 24062). - 2006. – 14с.
24. Cisco Systems, Understanding Multiple Spanning Tree Protocol (802.1s) (Document ID: 24248). – 2005. – 14с.
25. David Hucaby. CCNP Self-Study: CCNP BCMSN Exam Certification Guide, Third Edition. – Cisco Press, 2005. – 624с.
26. Dave Hucaby, Steve McQuerry. Cisco Field Manual: Catalyst Switch Configuration. – Cisco Press, 2002. – 560с.
27. Eric Ouellet, Robert Padjen, Arthur Pfund, Ron Fuller, Tim Blankenship —Building a Cisco Wireless LAN|| - Syngress Publishing, Inc, 2002.
28. Кульчин Ю.Н. Распределенные волоконно-оптические измерительные системы. — М.: Физмалит, 2001. — 272 с.

29. Selvarajan A. Fiber optic sensor and their applications / Indian Institute of Science.
30. Волоконно-оптические датчики / Под ред.Т.Окоси, Пер.с яп., М, Энергоатомиздат, 1990.
31. "Волоконно-оптические системы передачи и кабели" Справочник. под ред. Гроднева И.И., Мурадяна А.Г., Шарафутдинова Р.М. и др.,М., Радио и связь, 1993.
32. "Волоконно-оптическая техника", Технико-коммерческий сборник. М., АО ВОТ, N1, 1993.
33. Кульчин Ю.Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем М.: Физмалит, 2001. — 272 с.
34. Ross F.E. "FDDI - An Overview", Proc. COMPCON.
35. Spring'87, San Francisco, Ca, pp. 434-440, 1987.