

DOI 10.26886/2311-4517.3(88)2023.2

UDC 699.852.7:006.3/.8

**ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ТА ІНСТРУМЕНТІВ  
ПОБУДОВИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ УКРИТТІВ**

**Ганна Хімичева, доктор технічних наук**

<https://orcid.org/0000-0003-2163-6975>

e-mail: [anna.khimicheva.ai@gmail.com](mailto:anna.khimicheva.ai@gmail.com)

**Олексій Дзюба, аспірант**

e-mail: [oleksandrovuch1993@gmail.com](mailto:oleksandrovuch1993@gmail.com)

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна,  
м. Київ

*В роботі наведено критичний аналіз існуючих методів, принципів та підходів щодо контролю параметрів мікроклімату укриттів медичних закладів та закладів освіти. Враховуючи специфіку цих закладів, що сконцентрована на здоров'ї та житті людини до основних параметрів згідно ISO 14644-1 віднесено температура, вологість, якість повітря, елетромагнітне випромінювання, запиленість. Показано, що найбільш перспективними механізмами та інструментами систем моніторингу є побудова останніх на основі штучного інтелекту, наприклад нейронних мереж. Це пов'язано з надійністю їх роботи та можливістю застосування в режимі 24/7.*

*Ключові слова: укриття (бомбосховище), параметри комфортності мікроклімату, нейронні мережі, штучний інтелект.*

*Ganna Khimicheva, Doctor of Technical Sciences, Professor; Oleksii Dziuba, Postgraduate student, Selection and substantiation of mechanisms and tools for building a microclimate control system of*

*shelters/ Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine*

*The work provides a critical analysis of existing methods, principles, and approaches to control the parameters of the microclimate of shelters in medical and educational institutions. Taking into account the specificity of these institutions, which is focused on human health and life, the main parameters according to ISO 14644-1 include temperature, humidity, air quality, electromagnetic radiation, and dustiness. It is shown that the most promising mechanisms and tools of monitoring systems are the construction of the latter based on artificial intelligence, such as neural networks. This is due to the reliability of their work and the possibility of 24/7 use.*

*Keywords: shelter (bomb shelter), microclimate comfort parameters, neural networks, artificial intelligence.*

**Вступ.** На сьогодні в Україні укриття є невід'ємними реаліями життя. Будь-яка галузь діяльності національної економіки в тому чи іншому вигляді застосовує для свого функціонування укриття. Тому досить гостро постає питання щодо розроблення та впровадження сучасних вимог до укриттів. Останні повинні враховувати принципи, методи та підходи, що обумовлюють підвищення їх безпеки. Проведений авторами аналіз доводить, що на сьогодні досить велика частина укриттів використовується медичними та освітніми закладами. Тому в процесі надання медичних та освітніх послуг особливу увагу потрібно приділятися комфортності перебування в них. Остання характеризується параметрами мікроклімату. Наприклад, такими, які наведені в роботі [1]. До них згідно цієї праці віднесено такі параметри: температура, вологість, якість повітря, освітлення, елетромагнітне випромінювання, запилення тощо. Проте

для дотримання даних параметрів в нормованих межах потрібно проводити їх моніторинг та контроль, а також розробляти та впроваджувати спеціальні механізми та інструменти щодо їх дотримання. Враховуючи, що сучасний світ характеризується постійним зростанням інформаційного потоку процедури моніторингу доцільно будувати на базі сучасних інтелектуальних систем. В свою чергу це потребує розроблення інструментарію щодо його оброблення, оцінювання та реагування. Наприклад застосування нейронних мереж.

Таким чином одним з перспективних напрямів контролю параметрів мікроклімату укриттів (бомбосховищ) є удосконалення принципів, методів збору та обробки інформації, а також науково-обґрунтованого вибору сенсорів та відповідного програмного забезпечення. Такий підхід дозволяє в динаміці отримувати інформацію щодо зміни параметрів мікроклімату укриттів (бомбосховищ) [2].

Проаналізуємо більш детально існуючі публікації за темою дослідження.

В роботі [3] наведено механізми дистанційного керування системами регулювання мікроклімату приміщень з обмеженим доступом людини. Автори пропонують дані приміщення облаштовувати датчиками температури та вологості, системами вентиляції та обігріву. Для нашого випадку дані підходи щодо контролю параметрів мікроклімату не можуть бути застосовані. Це пов'язано з тим що основний акцент в них робиться на промислові приміщення в яких непередбачається перебування людини. У нашому випадку люди це основний об'єкт, який знаходиться в приміщенні.

В роботі [4] наведено принципи та підходи щодо побудови автоматизованої системи управління параметрами мікроклімату виробничого приміщення. В основу системи покладено мікроконтролер. Такий підхід дозволяє авторам своєчасно отримувати інформацію щодо сукупності параметрів, що характеризують мікроклімат. В даній роботі до них віднесено температуру повітря, відносну вологість, рухливість повітря та його склад. Проте для нашого об'єкту (укриттів) крім вище приведених параметрів важливими згідно стандарту ISO 14644-1 [5] є також параметри, що характеризують комфортність перебування людини у приміщенні: освітлення, шум та вібрації, електромагнітне випромінювання, запилення, атмосферний тиск. Це пов'язано з тим, що на даний час в Україні укриття (бомбосховища) використовують в якості приміщень різного функціонального призначення. Наприклад, в медичних закладах, в закладах освіти, на промислових підприємствах, в офісах тощо [1].

В роботі [6] зазначається що для управління кожним окремим параметром доцільно застосовувати сучасний інтелектуальний інструментарій. Це підтверджується також низкою наукових праць таких вчених як J. Utracki, A.-M. Amjad, P. Borkowski та інших. Особливої актуальності це набуває в умовах інформаційної невизначеності, тобто відсутності достовірної та повної інформації щодо параметрів мікроклімату, які контролюється.

Проведений в ході дослідження аналіз показав, що вагомий вклад в розвиток засобів штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж та механізмів інтелектуального аналізу даних зробили такі науковці як Джон Джозеф Гопфілд, Дональд Олдінг Гебб [2].

Слід зазначити, що нормовані значення параметрів мікроклімату залежать від типу укриття (бомбосховища). В роботі [7] пропонуються

бомбосховища класифікувати за такими ознаками як захисні властивості, місткість, місце розміщення та розташування, забезпечення фільтровентиляційним обладнанням, час побудови. Наприклад, за захисними властивостями (від дії вибухової хвилі) сховища поділяються на п'ять класів. За місткістю на: малі – (до 150 осіб), середні (від 160 до 450) та великі (понад 450 осіб). За місцем розташування — на вбудовані, що розміщені у підвальних приміщеннях будівель та окремо побудовані поза будівлями.

В роботі [8] пропонується моніторинг таких параметрів як температура та вологість здійснювати на основі застосування спеціальної автоматизованої системи. При цьому в якості основних засобів відображення інформації щодо функціонування системи автори пропонують застосовувати імітатор, дисплей та кольоровий графічний термінал. Для друку даних передбачено спеціальну програму управління в основу якої покладено зв'язок з Arduino, що здійснюється через COM-порт. Проте для нашого випадку дане технічне рішення є недосконалим. Зокрема воно потребує застосування більш прогресивних рішень. Наприклад, Wi-Fi та Internet, а також додаткові системи устаткування, що забезпечують подання світла та тепла.

В роботі [9] авторами наведено автоматизовану систему регулювання параметрів мікроклімату на базі технології 1-wire. Такий підхід є більш прогресивним у порівнянні з вищенаведеним і в подальшому може бути застосований в нашому випадку. Це обумовлено тим, що він дозволяє ідентифікувати як датчики, так і виконавчі механізми, що формують мережу для передачі даних та керуючих сигналів.

В роботі [10] наведено математичні моделі, які дозволяють прогнозувати будь-які процеси на основі застосування часових

рядів. На наш погляд, це є досить прогресивним рішенням, яке може бути використано для контролю параметрів мікроклімату будь-яких об'єктів у т.ч. і укриттів (бомбосховищ).

Таким чином дослідження пов'язані з вибором та обґрунтуванням механізмів та інструментів побудови системи контролю мікроклімату укриттів є актуальними та своєчасними.

**Метою даних досліджень є вибір та обґрунтування принципів і підходів щодо побудови систем моніторингу та контролю параметрів комфортності мікроклімату укриттів (бомбосховищ) шляхом розроблення новітніх механізмів та інструментів їх реалізації.**

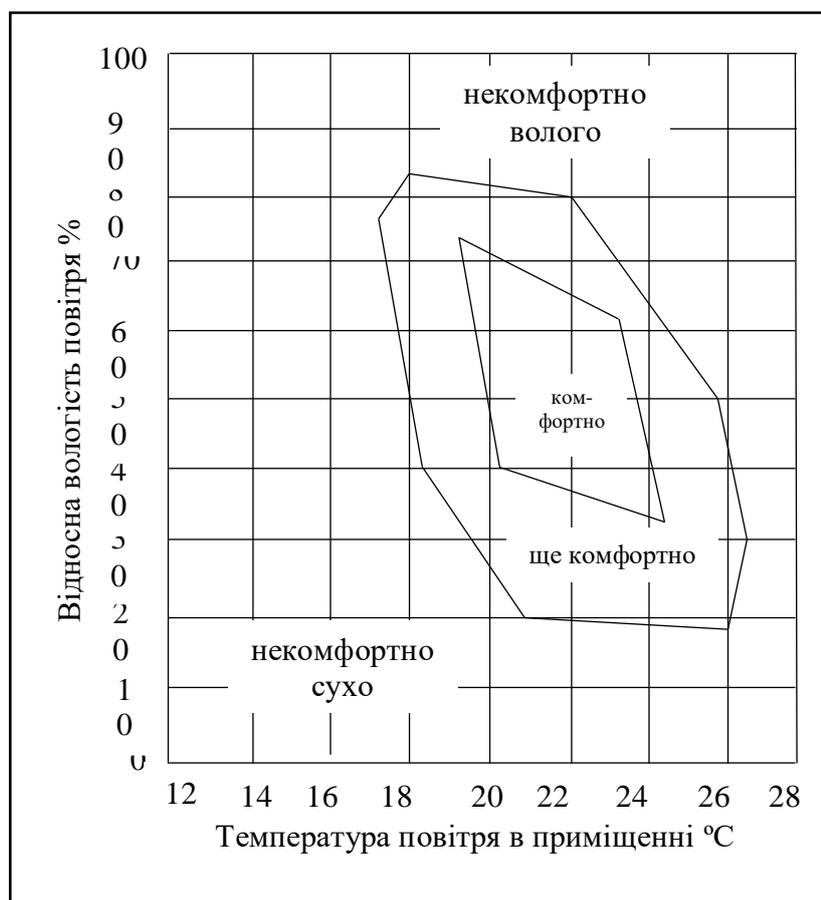
#### **Завдання дослідження**

1. Проведення критичного аналізу існуючих методів, принципів та підходів щодо контролю параметрів мікроклімату.
2. Вибір та обґрунтування механізмів та інструментів для контролю параметрів комфортності мікроклімату
3. Рекомендації щодо побудови системи моніторингу параметрів мікроклімату укриттів (бомбосховищ).

**Виклад основного матеріалу.** Одним із найбільш суттєвих параметрів, що впливає на комфортність мікроклімату будь-якого приміщення у т.ч. укриттів (бомбосховищ) є температура повітря. Діючі вимоги щодо температурного режиму приміщень передбачають перепади температури в межах 2-3°C. Згідно встановлених нормативних показників, комфортна температура становить: 22-25°C в теплу пору року; 18-22°C взимку; температура для робочих приміщень – 18 °C [11]. Підтримувати температуру (в вище наведених діапазонах) можливо лише за допомогою системи її автоматичного регулювання. Проте враховуючи інформаційну невизначеність (що обумовлюється відсутністю інформації) для визначення параметрів

комфортності мікроклімату в укритті (бомбосховищах) потрібно розробляти та впроваджувати інтелектуальні системи управління. При цьому для прийняття обґрунтованого рішення щодо вибору структури інформаційної інтелектуальної системи слід враховувати кількість параметрів мікроклімату, якими потрібно управляти. В свою чергу кількість параметрів обирається згідно вимог стандарту ISO 7730 [12].

Приклад визначення зон комфортності мікроклімату за вимогами ISO 7730 наведено на рис. 1.



**Рис 1. – Приклад комфортності згідно ISO 7730 [12].**

Як видно з рис. 1 комфортність перебування в укритті (бомбосховищі) залежить від температури повітря та від його відносної вологості.

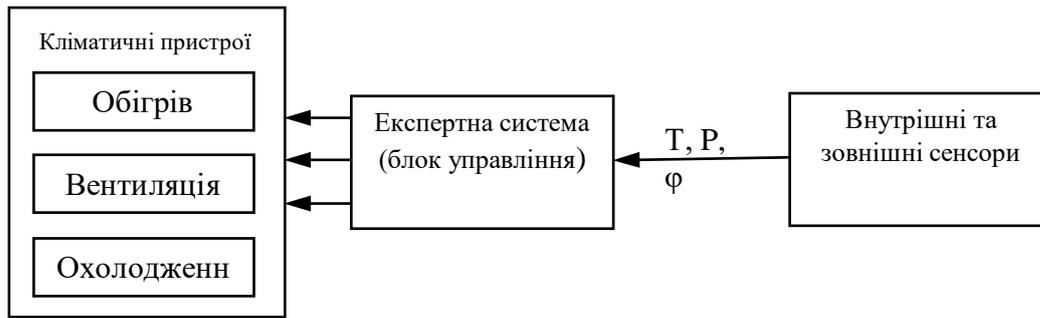
В роботі [13] показано, що система створення штучного мікроклімату являє собою складний технологічний процес, який характеризується зміною вихідних параметрів. При цьому динамічним елементом у системі керування штучним мікрокліматом є саме приміщення (у нашому випадку укриття). Наприклад, при моделюванні процесів у приміщеннях укриттів, де є кондиціонування та змінне теплове навантаження, а вологість є відносно сталою – повітряне навантаження потребує витрати зовнішнього повітря.

В ході досліджень запропоновано особливу увагу при побудові систем моніторингу параметрів мікроклімату приділяти вибору та обґрунтуванню мережі Інтернет. Зокрема це стосується вимог щодо використання інтерфейсів та протоколів обміну даних. Наприклад, в роботі [14] для цих цілей пропонується застосовувати хмарні технології (протоколи JSON (Java Script Object Notation)).

Крім того проведений аналіз існуючих рішень щодо регулювання мікроклімату в приміщеннях в т.ч. укриттів дозволив запропонувати три варіанти алгоритму його регулювання:

- 1) аналіз параметрів зовнішнього та внутрішнього середовища мікроклімату та вибір на їх основі існуючих алгоритмів;
- 2) вибір за допомогою інформаційної системи найбільш оптимальних комбінацій схемних рішень;
- 3) зміна алгоритмів управління на основі застосування адаптивної інформаційної системи.

На рис. 2 наведено узагальнену схему процесу регулювання мікроклімату за допомогою інтелектуальної системи:



**Рис 2. – Структурна система регулювання мікроклімату.**

Де  $T$  – температура,  $P$  – тиск,  $\varphi$  – відносна вологість, що отримана з внутрішніх і зовнішніх сенсорів приміщення.

Блок управління являє собою експертну систему, яка «навчається» протягом усієї своєї роботи. Тобто, поповнює або коригує свою базу знань в залежності від змін внутрішніх або зовнішніх факторів приміщення, обліку днів тижня або сезону року, в якому вона працює.

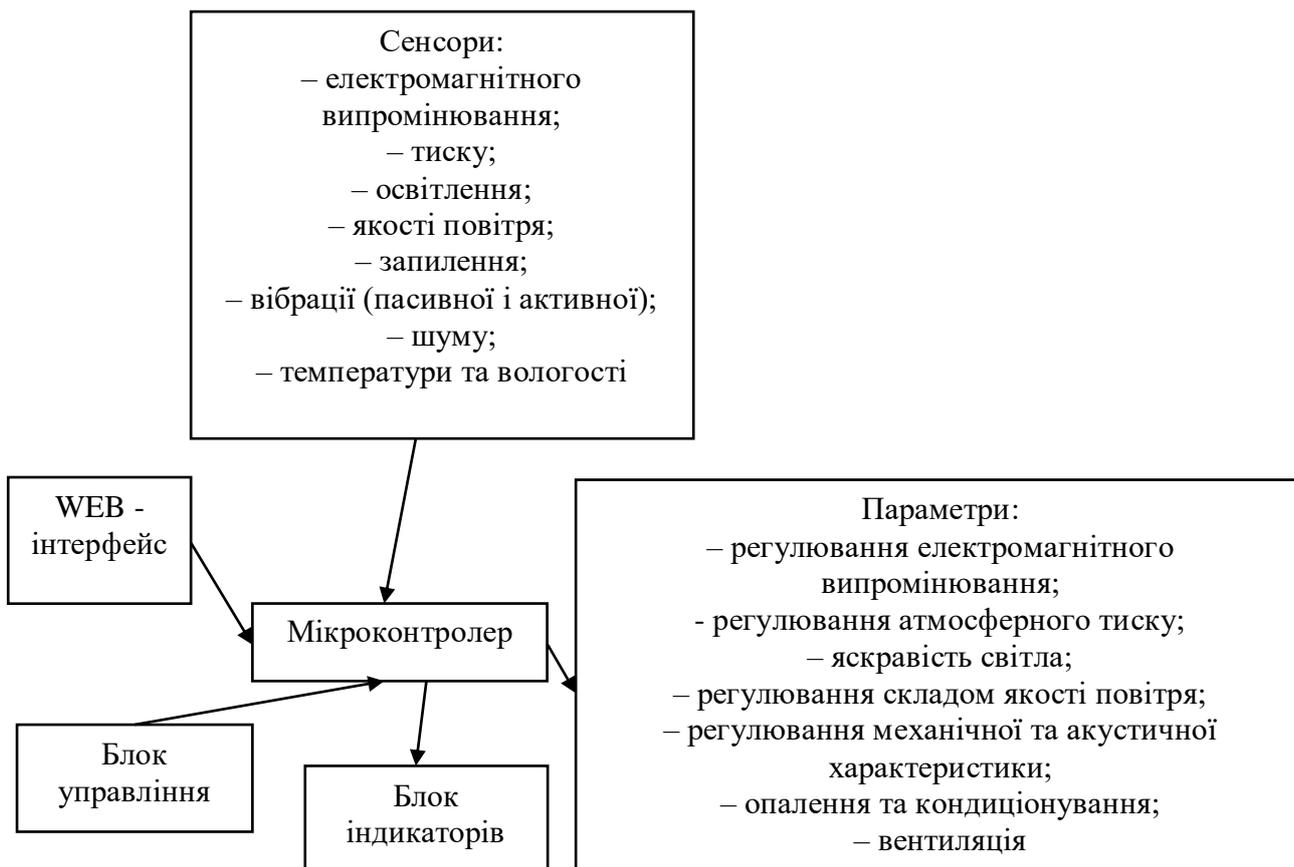
Сучасний розвиток і впровадження мікропроцесорної техніки дозволяє будувати системи регулювання комфортних умов мікроклімату з урахуванням показів значної кількості сенсорів. При цьому одним з пріоритетних конструктивних рішень є застосування технології виготовлення сенсорів декількох вимірювальних величин (температура, вологість, тощо) в одному конструктиві. Це дозволяє об'єднати всі сенсори в єдину вимірювальну мережу і тим самим зменшити похибку вимірювання. Тобто підвищити достовірність інформації, що контролюється і якість регулювання параметрів контролю [3].

В роботі [15] доведено, що для побудови системи моніторингу параметрів мікроклімату будь-якого приміщення в т.ч. і укриттів (бомбосховищ) доцільно застосовувати мікроконтролери. Проте для їх ефективного використання потрібно враховувати оперативну та постійну пам'ять, рівень підтримки в мережі Інтернет (кількість та

якість бібліотек), можливість підключення необхідних сенсорів та керуючих пристроїв для збору інформації щодо параметрів мікроклімату.

На рис 3 наведено типову структурну схему застосування мікроконтролера для оцінки параметрів мікроклімату укриттів (бомбосховищ).

Як видно з рис. 3 до системи моніторингу (контролю) входять сенсори, які дозволяють проводити сканування мікроклімату укриття (бомбосховища) за параметрами комфортності (температури, вологості, шуму, вібрації, тиску, освітлення, запилення, електромагнітного випромінювання, якості та складу повітря). При цьому мікроконтролер дозволяє опрацювати надану сенсорами інформацію щодо поточних значень цих параметрів та у разі необхідності розробляти коригуючі або попереджуючі заходи, щодо дотримання їх в заданих нормах.



**Рис. 3. – Типова структурна схема контролю параметрів мікроклімату укриттів**

Таким чином при розробці інтелектуальних систем моніторингу мікроклімату слід враховувати притаманні їм наступні особливості:

1) залежність параметрів (температури, вологості, швидкості руху повітря тощо) від зовнішніх та внутрішніх факторів, які динамічно змінюються як на протязі доби, так і в різні періоди року;

2) розосередженість у широких межах параметрів, які контролюються і регулюються як по об'єму, так і у часі.

За результатами досліджень в основу системи інтелектуального моніторингу запропоновано застосовувати «смарт»-пристрої, які випускаються українською компанією smart-MAC [16]. Перевагами застосування таких систем є те, що всі отримані дані в процесі моніторингу доступні до огляду в режимі реального часу на будь-якому пристрої (ПК, планшет, смартфон) і можуть в подальшому

зберігатися у хмарному сховищі. Крім того веб-додаток системи дозволяє представляти дані за допомогою візуалізації, що значно спрощує їх сприйняття. Наприклад, для визначення параметрів мікроклімату доцільно застосовувати універсальні енергомонітори D105 smart-MAC, які обладнані сенсорами вологості, температури і концентрації CO<sub>2</sub>. Конструктивно ці енергомонітори розміщуються у пластикових електрощитках та для дистанційної передачі даних приєднуються до мережі WiFi. Це проводиться у веб-додатку системи.

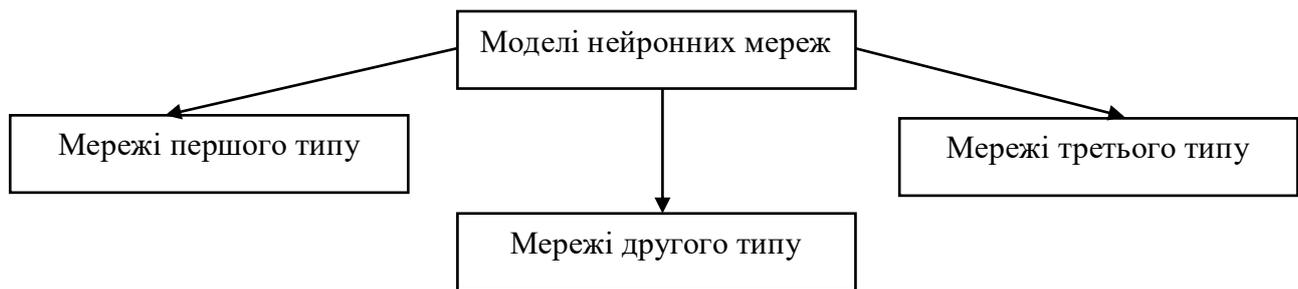
Останнім часом набули значного розвитку інтелектуальні системи управління побудовані на основі штучних нейронних мереж. Це такі системи, які здатні аналізувати, розпізнавати зміни в об'єкті і зовнішньому середовищі, навчатися протягом свого функціонування, здійснювати діагностику, прогнозування і розвиток як керованого об'єкта, так і самої системи управління. Перевагами застосування інформаційних систем керування на основі нейронних мереж є:

- швидкість роботи та надійність системи за рахунок організації паралельної обробки інформації;
- здатність реалізації функцій керування, що мають значну складність;
- застосування мінімальної інформації щодо об'єкту управління;
- можливість самонавчатися будь-яких функцій за наявності обсягу наданих даних;
- реалізація завдань з істотними нелінійностями.

Крім того слід зазначити, що технології штучного інтелекту (на основі застосування нейромережі) дозволяють в реальному часі контролювати параметри мікроклімату в режимі 24/7 [17]. Це пов'язано з тим, що інтелектуальний аналіз даних (у нашому випадку значень параметрів мікроклімату) являє собою процес виявлення

реальних даних, щодо подальшої їх обробки за допомогою математичних методів аналізу.

Відомо, що більшість процесів неможливо описати за допомогою статистичних моделей. Це пов'язано їх нелінійністю. Проте інструментарій штучного інтелекту, зокрема нейронні мережі дозволяють вирішити ці завдання. Як правило моделі нейронних мереж можна поділити на 3 типи (рис 4).



**Рис. 4. – Моделі нейронних мереж**

Мережі першого типу застосовуються для прогнозування і розпізнавання образів. Мережі другого типу для оптимізації обчислень та асоціативної пам'яті. Мережі третього типу для кластерного аналізу. Для моніторингу параметрів мікроклімату найбільш придатними є мережі першого типу. Вони дозволяють прогнозувати, створювати експертні системи, обробляти аналогові та цифрові сигнали тощо. Проте для цього потрібно мати спеціальні алгоритми. Одним із перспективних інструментів в сфері побудови алгоритмів є застосування самоорганізуючої нейронної мережі, яка дозволяє ефективно проводити аналіз даних за допомогою карти Кохорена. При цьому слід зазначити, що на сьогодні забезпечення необхідних показників надійності нейромережових систем обробки інформації досягається різними шляхами. Зокрема розробкою та модифікацією навчальних алгоритмів, введенням апаратної та інформаційної надмірності, проведенням повторного навчання нейронної мережі тощо.

Таким чином проведені дослідження дозволили вибрати найбільш суттєві та перспективні механізми та інструменти щодо контролю мікроклімату укриттів за параметрами комфортності, які доцільно застосовувати для укриттів медичних та освітніх закладів.

### **Висновки.**

1. Проведений аналіз існуючих методів, принципів та підходів пбудови систем контролю параметрів мікроклімату показав, що для укриттів найбільш перспективним є інструментарій в основу якого покладено засобів штучного інтелекту, наприклад нейронних мереж.

2. До основних параметрів комфортності мікроклімату укриттів медичних закладів та закладів освіти, з урахуванням їх діяльності віднесено температуру, вологість, освітлення, електромагнітне випромінювання, запиленість, якість повітря.

3. Технології штучного інтелекту (на основі застосування нейромережі) дозволяють в реальному часі контролювати параметри мікроклімату укриттів в режимі 24/7 та своєчасно застосовувати організаційно технічні заходи щодо їх підтримки в заданих нормах. Це є особливо актуальним для медичних закладів.

### ***Література:***

1. Хімичева Г.І., Дзюба О.О. Оцінювання укриттів та бомбосховищ за показниками безпеки та комфортності. Наука. Інновації. Якість: [матеріали національного науково-практичного форуму, Харків 09-10 серпня 2022 року] за заг. ред. к.т.н., доц. Г. С. Грінченко. Українська інженерно-педагогічна академія. Харків: УІПА, 2022. – С. 56-59.

2. Лещинський О. Л., Іщенко А. О. Використання нейромереж

у процесі інтелектуального (кластерного) аналізу даних. Економіка і суспільство. 2017. № 11. С. 578-581. ISSN (Online): 2313-2165

3. Ліпінський І.С. Хижняк Т.А. Web-технології в електротехнічних системах регулювання параметрів мікроклімату/ Електроніка та зв'язок : науково-технічний журнал. 2016. Т. 21, № 5(94). С. 83–87. ISSN 1811-4512

4. Автоматизований моніторинг та керування мікрокліматом виробничого приміщення складання прецизійних приладів / Антонюк В.С., Мережаний Ю.Г., Пономаренко А.І. // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. Харьков: НТУ "ХПИ", 2011. Вып. 80. с. 3-14.

5. ДСТУ ISO 14644-1:2009 Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1. Класифікація чистоти повітря (ISO 14644-1:1999, IDT)

6. Тези доповідей І Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення» (19–20 жовтня 2018 р.). – Житомир : Вид. О.О. Євенок, 2018. С. 128-129

7. Стеблюк М.І. Цивільна оборона: Підручник. К.: Знання, 2006. 487 с. ISBN 966-346-156-X

8. Діордієв В. Т., Кашкар'єв А. О., Діордієв О.О. Автоматизована система моніторингу та керування мікрокліматом у теплиці Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ, 2018. - Вип. 8, том 2.

9. Купін А. І., Музика І. О., Кузнєцов Д. І. Структура експертної системи інтелектуального регулювання мікроклімату житлових приміщень. Науковий журнал «Радіоелектроніка, інформатика, управління». Запорізький національний технічний університет, №1(40) Н 2017 с. 170-177

10. Мокін Б. І. Математичні методи ідентифікації електромеханічних процесів / Б. І. Мокін, В. Б. Мокін. – Вінниця:УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 99 с.

11. Шмельов Ю.М., Волканін Є.Є., Заливча І.В., Гаврилюк Ю.М. Автоматизація опалення житлових приміщень з метою зниження енерговитрат. Вісник Херсонського національного технічного університету. №1(68). Херсон. 2019 с. 58-64

12. ISO 7730:2005 (2005). Ergonomics of the thermal environment —Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 11.2005, 52.

13. Голінко І.М., Галицька І.Є. Промислове приміщення як динамічний елемент системи керування штучним мікрокліматом Інформаційні системи, механіка та керування. - 2018. - Вип. 18. - С. 104-114. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ismk\\_2018\\_18\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ismk_2018_18_15)

14. Хімичева Г.І., Дзюба О.О. Растосування Інтернет технологій для побудови систем контролю параметрів мікроклімату закладів вищої освіти. Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення: [матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Харків - 25-26 січня 2022 року] / за заг. ред. д.т.н., проф. Р. М. Тріща, к.т.н., доц. Г. С. Грінченко. Українська інженерно-педагогічна академія. Харків: УІПА, 2022. С.46-47.

15. Ganna Khimicheva, Oleksii Dziuba Background for developing the parameter control system of the comfort zone of office premises: Development of scientific, technological and innovation space in Ukraine and EU countries – 3rd ed. – Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2021. – p. 101-117.

16. SMART MAIC – Режим доступу: <https://smart-mac.com/>

17. Ю.Д. Васильєва, М.М. Морозова, Нейромережа для

контролю параметрів мікроклімату теплиці. / Збірник праць XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування». К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури. – 2019. – С. 429 – 432.

**References:**

1. Khimicheva, G., & Dziuba, O. (2022). Evaluation of shelters and bomb shelters according to safety and comfort indicators. Science. Innovations. Quality: [materials of the national scientific and practical forum, Kharkiv, August 9-10, 2022], 56–59.
2. Leshchynsky, O., & Ishchenko, A. (2017). The use of neural networks in the process of intellectual (cluster) data analysis. Economy and society, (11), 578–581. ISSN (Online): 2313-2165
3. Lipinskii, I., & Khizhnyak, T. (2016). Web-technologies in electrotechnical systems for regulating microclimate parameters. Electronics and communication: scientific and technical journal, 21(5(94)), 83–87. ISSN 1811-4512
4. Antonyuk, V., Merezhanyi, Y., & Ponomarenko, A. (2011). Automated monitoring and control of the microclimate of the production premises for the assembly of precision instruments. Cutting and instrument in technological systems: International scientific and technical collection, (80), 3–14.
5. DSTU ISO 14644-1:2009 Clean rooms and related controlled environments. Part 1. Classification of air purity. (ISO 14644-1:1999, IDT)
6. Abstracts (2018). The 1st All-Ukrainian scientific and technical conference "Computer technologies: Innovations, problems, solutions" O.O. Ivenok. 128-129
7. Stebliuk, M. (2006). Civil defense. Znannia. ISBN 966-346-156-X

8. Diordiev, V., Kashkariov, A., & Diordiev, O. (2018). Automated system for monitoring and controlling the microclimate in the greenhouse. *Scientific Bulletin of the Tavria State Agrotechnological University*, 2(8).

9. Kupin, A., Muzyka, O., & Kuznetsov, D. (2017). The structure of the expert system of intelligent regulation of the microclimate of residential premises. *Scientific journal "Radioelectronics, informatics, management"*, (1(40)), 170–177.

10. Mokin, B. (1999). *Mathematical methods of identification of electromechanical processes*.

11. Shmeliov, Y., Volkanin, E., Zalyvcha, I., & Havryliuk, Y. (2019). Automation of heating of residential premises in order to reduce energy consumption. *Bulletin of the Kherson National Technical University*, (1(68)), 58–64.

12. ISO 7730:2005 (2005). *Ergonomics of the thermal environment —Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. 11.2005, 52.

13. Holinko, I., & Halytska, I. (2018). Industrial premises as a dynamic element of the artificial microclimate control system. *Information systems, mechanics and control*, (18), 104–114. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ismk\\_2018\\_18\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ismk_2018_18_15)

14. Khimicheva G.I., Dzyuba O.O. Application of Internet technologies for building microclimate control systems of higher education institutions. *Quality, standardization and metrological support: [materials of the international scientific and practical conference, Kharkiv - January 25-26, 2022]* / according to general ed. Ph.D., prof. R. M. Trishcha, Ph.D., Assoc. H. S. Grinchenko. *Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy*. Kharkiv: UIPA, 2022. P.46-47.

15. Ganna Khimicheva, Oleksii Dziuba Background for developing the parameter control system of the comfort zone of office premises: Development of scientific, technological and innovation space in Ukraine and EU countries – 3rd ed. – Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2021. – p. 101-117.

16. SMART MAIC – Режим доступу: <https://smart-mac.com/>

17. Vasylieva, Y., & Morozova, M. (2019). Neural network for controlling greenhouse microclimate parameters. Proceedings of the 12th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Looking into the Future of Instrumentation", 429–432.