

О.Л. Коренівська, к.т.н., доц.  
В.Б. Бенедицький, ст. викладач  
Т.М. Нікітчук, к.т.н., доц.

Державний університет «Житомирська політехніка»

## Аспекти побудови систем моніторингу параметрів мікроклімату в навчальних аудиторіях

*Мікроклімат приміщень – це комплекс фізичних факторів внутрішнього середовища приміщень, що впливає на тепловий обмін та здоров'я людини. Мікроклімат визначається діючим на організм людини поєднанням температури, вологості, швидкості руху та чистоти повітря. Якщо мікроклімат не відповідає нормі, погіршується самопочуття, з'являються скарги на задиху, утруднення дихання, тяжкість у голові, головний біль, пітливість, сонливість, падіння розумової, а потім і фізичної працездатності.*

*Санітарними нормами передбачені допустимі мікрокліматичні умови, за яких зміни функціонального стану організму не критичні. Вивчення цього питання набуває особливої значущості в умовах сьогодення, коли спостерігаються тенденції до погіршення стану здоров'я студентів та персоналу.*

*Для вирішення проблеми моніторингу мікроклімату приміщення в роботі пропонується розробка автономної інфокомунікаційної системи вимірювання кліматичних параметрів, таких як температура, відносна вологість повітря, рівень вуглекислого газу в повітрі та концентрація легких аероіонів із записом даних на смартфон та збереженням на віддаленому сервері. Розробка є частиною системи з дослідження впливу параметрів мікроклімату на фізіологічний стан здобувачів освіти. Результати, отримані в роботах, дозволять розробляти заходи по забезпеченню необхідних нормальних умов навчання студентів у замкнених приміщеннях. Також розроблена система може використовуватися для моніторингу мікроклімату в герметично замкнених військових об'єктах – ракети, літальні апарати, танки тощо.*

**Ключові слова:** мікроклімат; санітарно-гігієнічні норми; оптимальні параметри мікроклімату; аероіонізація; концентрація аероіонів.

**Актуальність теми.** Під час навчання та фізичної або розумової праці людина перебуває під дією цілі низки факторів, які можуть викликати небажані наслідки, наприклад, надмірне підвищення або зниження температури тіла, підвищення тиску, зміну частоти серцевих скорочень [1–3]. Для зменшення впливу таких факторів і забезпечення сталості значень характеристик життєдіяльності організму включаються механізми адаптації, що дає змогу людині пристосуватися до несприятливого впливу санітарно-гігієнічних факторів.

Параметри, що визначають метеорологічні умови на кожному робочому місці, впливають на функціональну діяльність людини, її самопочуття, здоров'я і є одними з найважливіших показників санітарно-гігієнічних умов праці. Так збільшення швидкості руху повітря зменшує несприятливий вплив високих, але збільшує вплив низьких температур. Збільшення відносної вологості повітря до рівня вищого ніж нормативне значення збільшує негативну дію як зниженої, так і підвищеної температури [1].

Таким чином, сполучення різних значень параметрів мікроклімату робочої зони створює ряд метеорологічних умов, що по-різному позначаються на фізіологічних процесах протікання життєвих функцій організму людини. Нормальний перебіг фізіологічних процесів, а отже, і хороше самопочуття можливе лише тоді, коли тепло, що виділяється організмом людини, постійно відводиться в навколишнє середовище. Мікрокліматичні умови, які забезпечують цей процес, вважаються найкращими. У разі незадовільних мікрокліматичних умов у організмі людини починають відбуватися різні процеси, спрямовані на регулювання теплоутворення і тепловіддачі.

Від параметрів температури, відносної вологості повітря, рівня вуглекислого газу в повітрі, концентрації легких аероіонів залежить працездатність людини та її самопочуття. Надмірний рівень вуглекислого газу, недостатній рівень легких аероіонів в повітрі може стати причиною головних болів, запаморочень, сонливості, втрати працездатності тощо [2]. Особливу увагу варто приділяти навчальним закладам – школам, дитячим садочкам, вищим навчальним закладам, іншим закладам освіти, де скупчення людей протягом тривалого часу призводить до збільшення рівня вуглекислого газу, зміни аероіонного стану повітря та до негативних наслідків у фізіологічному стані здобувачів освіти [4, 5]. Зазначені характеристики повітря пронормовані в державних санітарних та державних будівельних нормах, однак їх моніторинг не завжди є можливим.

Питанням контролю мікрокліматичних умов у приміщеннях такого типу не приділяється належна увага. Аналіз матеріалу з цього питання показав, що в основному контролюється один параметр, переважно це температура у приміщеннях. Іноді контролюється температура і вологість, температура і тиск, але реєстрації набору параметрів, рекомендованих нормативними документами, одночасно не відбувається. Повністю відсутній контроль забезпечення повітрообміну, концентрації шкідливих та токсичних речовин у повітрі приміщень, зокрема вуглекислого газу, а також аероіонного стану повітря в приміщенні.

Недотримання гігієнічних вимог до повітряного режиму погіршує сприйняття та засвоєння навчального матеріалу, а також призводить до погіршення стану здоров'я і студентів, і викладачів. На даний час Україна відстає від розвинених країн Європи у вирішенні питання забезпечення комфортного та безпечного повітряного середовища в навчальних закладах. Для забезпечення нормативних метеорологічних умов необхідна енергія, яка буде застосовуватися для роботи систем опалення, вентиляції та кондиціонування. Постійний контроль параметрів мікроклімату в навчальних закладах та на підприємствах впливає на профілактику як професійних захворювань (серцево-судинних, легеневих, захворювань сечовидільної системи), так і сезонних (ГРВІ, грип тощо), також попереджує виникнення загострень хронічних захворювань (ХОЗЛ, астма, серцево-судинна недостатність та інші).

Останнім часом невпинний розвиток технічних засобів та рішень обумовлює актуальність розробки інформаційних систем дистанційного контролю параметрів мікроклімату. При цьому постає питання підвищення ефективності функціонування таких систем, можливості зберігання та аналізу попередніх даних, а також зниження вартості їх реалізації за потрібного рівня надійності.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, на які спираються автори.** Питання нормування параметрів мікроклімату розглядається в ряді підручників з охорони праці, гігієни праці, фізіології праці та виробничої санітарії за авторством М.П. Гандзюка, В.І. Заїченко, В.В. Зацарного, В.Ц. Жидецького, Я.В. Крушельницької, І.М. Трахтенберга, К.Н. Ткачука та ін.

Питаннями дослідження стану мікроклімату в приміщеннях та його впливу на працездатність людини в Україні займаються О.І. Запорожець, С.В. Сукач, Т.Ф. Козловська, Н.О. Соколова, В.І. Авраменко. У [6, 7] наводяться методичні засади контролю параметрів мікроклімату, важливості його моніторингу при процесі навчання студентів. Причому в працях С.В. Сукача та Т.Ф. Козловської, поряд з параметрами температури, вологості повітря, розглядаються питання впливу аероіонного стану повітря на показники працездатності студентів. Соколова Н.О. в статті [8] приводить принципи побудови інформаційних систем моніторингу мікроклімату в закритих приміщеннях. Ці дослідження можуть слугувати методичною базою для побудови власної інформаційної системи моніторингу мікроклімату в навчальних аудиторіях під час проведення занять.

**Метою статті** є розгляд вимог та принципів побудови системи вимірювання параметрів мікроклімату в закритих приміщеннях навчальних аудиторій під час навчання, що дасть можливість дослідити вплив показників мікроклімату на фізіологічний стан учасників освітнього процесу та розробити в подальшому і впровадити у практику здоров'язбережувальні технології освіти.

**Викладення основного матеріалу.** Згідно з Державними санітарними нормами та правилами мікроклімат навчальних приміщень – комплекс фізичних факторів, що впливають на теплообмін людини з довкіллям, обумовлюють самопочуття, працездатність, стан здоров'я і якість праці учасників навчального процесу та співробітників навчального закладу.

Санітарні правила встановлюють гігієнічні вимоги до параметрів мікроклімату робочих місць з урахуванням інтенсивності енергозатрат працюючих, часу виконання робіт, природних умов і містять вимоги до методів вимірювання і контролю мікрокліматичних умов.

Оптимальні мікрокліматичні умови характеризуються такими параметрами, які при їх спільній дії на людину протягом робочого дня забезпечують оптимальний функціональний стан людини. У таких умовах напруга терморегуляції мінімальна, дискомфортні тепловідчуття відсутні, що дозволяє зберегти здоров'я працюючих і забезпечити якість праці.

Порушення параметрів мікроклімату на робочих місцях сприяє створенню шкідливих і небезпечних мікрокліматичних умов, які при спільній дії на людину викликають значні зміни теплового стану, що може призвести до порушення стану здоров'я працівників навчального закладу та здобувачів освіти.

Вимоги до мікроклімату виробничих приміщень регулюють ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [9], затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42.

Гігієнічне нормування мікроклімату приміщень навчальних закладів визначено залежно від віку, функціонального призначення приміщень, кліматичної зони та регламентується такими документами:

- Санітарний регламент для дошкільних навчальних закладів [10], затверджений наказом МОЗ України від 24.03.2016 № 234, встановлює оптимальну температуру у групових осередках на рівні +19–23 °С, у приміщеннях басейну +29–30 °С, у залах для занять музикою та фізичною культурою +18–19 °С, у теплих переходах – не менше +15 °С, у приміщеннях, що займають кутове положення або знаходяться

в торці будівлі закладу, температура повітря повинна бути не менше +21 °С. Відносна вологість повітря в приміщеннях, де перебувають діти, повинна бути в межах 40–60 %;

- Санітарний регламент для закладів загальної середньої освіти [11], затверджений наказом МОЗ України від 25.09.2020 № 2205, відповідно до якого у приміщеннях закладів відносна вологість повітря повинна бути 40–60 %, температура повітря в класах і кабінетах 17–20 °С, майстернях з обробки металу і дерева 16–18 °С, спортивному залі – 15–17 °С, роздягальнях при них – 19–23 °С, актовій залі – 17–20 °С, бібліотеці – 16–18 °С, медичних кабінетах – 21–23 °С, рекреаціях – 16–18 °С, спальних приміщеннях – 18–20 °С, умивальних – 20–23 °С, вестибюлі, гардеробі – 16–19 °С, санітарних вузлах – 17–21 °С, у душових – не нижче 25 °С;

- Вимоги Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до улаштування, утримання і режиму спеціальних загальноосвітніх шкіл (шкіл-інтернатів) для дітей, які потребують корекції фізичного та (або) розумового розвитку та навчально-реабілітаційних центрів» [12], затверджених наказом МОЗ України від 20.02.2013 № 144, допустимі параметри мікроклімату в опалювальний період у житлових, навчальних приміщеннях і приміщеннях для дозвілля вказаних закладів становлять: температура повітря від 18 °С до 22 °С, відносна вологість – 40–60 %, швидкість руху повітря – не більше 0,25 м/с.

Узагальнюючи дані нормативних документів, можна зробити висновки щодо параметрів температури та вологості повітря в приміщеннях навчального закладу:

- температура повітря у класах, навчальних кабінетах, лабораторіях, актових залах, аудиторіях повинна бути 18–20 °С;
- відносна вологість повітря повинна бути 40–60 %;
- концентрація вуглекислого газу – 400–600 ppm;
- концентрація аероіонів – 400–600 іон/см<sup>3</sup>.

Для контролю параметрів мікроклімату використовують вимірювальну апаратуру. Розглянемо деякі вимірювальні системи, представлені на ринку України, технічні характеристики яких наведено в таблиці 1.

Всі зазначені системи призначені для вимірювання параметрів мікроклімату житлових та офісних приміщеннях, складів тощо.

Проведений огляд та аналіз ринку апаратури для контролю за параметрами мікроклімату показав, що здебільшого представлені системи є простими, дають можливість вимірювання обмеженої кількості параметрів мікроклімату (як правило реалізовано вимірювання двох–трьох параметрів), візуального представлення результату вимірювання, але не дають можливості накопичення даних для їх подальшого аналізу. Цінова політика таких приладів – від 500 до 45000 грн, залежить від кількості вимірюваних параметрів та функціональності приладу. Більш складні системи моніторингу за кліматичними параметрами, які мають функції збереження інформації, дистанційної її передачі, зворотне керування параметрами мікроклімату є підсистемами складних систем типу «Розумний будинок» [13]. Вони окремо не поставляються, розробляються проекти під конкретні приміщення, а їх вартість висока.






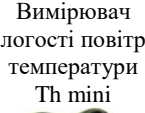
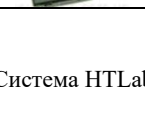
Для вирішення проблеми моніторингу мікроклімату приміщення розглянемо питання розробки автономної інфокомунікаційної системи вимірювання кліматичних параметрів, зі збереженням даних на віддаленому сервері та можливості зворотного дистанційного керування параметрами мікроклімату.

Розроблювана система контролю параметрів мікроклімату має відповідати таким вимогам [1]:

- мати в складі основний керуючий модуль та систему датчиків розміщених у визначених місцях, які збирають необхідну інформацію про стан мікроклімату приміщення та передають його до керуючого модуля;
- модуль керування повинен мати змогу отримувати дані від пристроїв моніторингу через бездротову мережу та передавати дані про роботу системи, використовуючи бездротову мережу на ПК або на сервер, для того щоб оператор міг віддалено вносити корективи в роботу системи; керуючий модуль має передавати всю інформацію щодо поточного стану мікроклімату приміщення на сервер та їх архівування через певні проміжки часу;
- проводити моніторинг параметрів мікроклімату в приміщенні в режимі реального часу; забезпечення можливості керувати параметрами мікроклімату віддалено та вручну;
- можливість підключення додаткових пристроїв без додаткової настройки і зміни конфігурації системи;
- пристрої, що підключаються до такої мережі, повинні мати можливість автономної роботи в разі втрати зв'язку із системою та самостійного включення назад в систему при відновленні зв'язку;
- забезпечення тривожної сигналізації в разі перевищення встановлених значень параметрів мікроклімату в приміщенні;
- пристрої моніторингу повинні бути енергоефективними, а також за необхідності мати додаткове живлення від акумуляторних батарей;
- невеликі габаритні розміри, портативність.

Таблиця 1

Технічні характеристики приладів вимірювання параметрів мікроклімату [2]

Технічні характеристики	Діапазон / точність визначення концентрації CO <sub>2</sub>	Діапазон / точність визначення температури	Діапазон / точність визначення відносної вологості повітря	Живлення	Особливості
Модель приладу 	0–9999 ppm / 70 ppm ±3 %	40–125 °C ±0,5 °C	0,1–99,9 % RH / ±3 %	Адаптер (AC:220 В, DC:9 В)	Оцінка якості повітря та звукова і світлова сигналізація
Монітор-датолаггер CO <sub>2</sub> – AZ-7798 	0–9999 ppm / 50 ppm ±5 %	-10 до 60 °C ±0,6°C	0,1–99,9 % RH / ±3 %	5В адаптер постійного струму (±10 %), ≥ 500 мА	Режим сну; поточна дата і час; автоматичне калібрування; звукова сигналізація та ввімкнення вентиляції за низької якості повітря
Монітор мікроклімату TENMARS ST-502 	0–9999 ppm / 75 ppm ±5 %	0 до 50 °C ±1 °C	5–95 % ±3 %	Мережа 220 В, 50 Гц або акумулятор 12 В постійного струму	Встановлення мінімального і максимального значення; сигналізація; внутрішня батарея для збереження часу та дати
Монітор мікроклімату AZ-7722 	0–9999 ppm / 50 ppm ±5 %	-10~60 °C ±0,6°C	0,1–99,9 % RH / ±3 %	Адаптер постійного струму 12 В	Автоматичне калібрування; візуальна та звукова сигналізація; підключення до комп'ютера для аналізу даних; показ середнього значення за 8 годин; можливість переключати одиниці виміру
Вимірювач параметрів повітря «Атмосфера-1» 	–	-50 °C ~70 °C ±1°C	10...90 % ±5 %	Мережа 220 В, 50 Гц або акумулятор 12 В постійного струму	Атмосферний тиск, гПа 650...1080 (489...812) (мм рт. ст.) ±1 (0,8)
Вимірювач вологості повітря і температури Th mini 	10...90 % ±5 %	5–40 °C	–	Мережа 220 В, 50 Гц або акумулятор 12 В постійного струму	Послідовний канал зв'язку з комп'ютером RS-232 для збереження даних
Система HTLab 	–	-10~60 °C ±0,6 °C	0,1–99,9 % RH / ±3 %	Мережа 220 В, 50 Гц	Архівування значень параметрів мікроклімату; сигналізація перевищення встановлених значень параметрів мікроклімату; аварійна сигналізація користувачам через інтернет та мережу мобільного зв'язку

З огляду на аналіз впливу певних показників мікроклімату на фізіологічні параметри здобувачів освіти та працівників навчальних закладів, було сформовано базовий набір параметрів, які необхідно контролювати, а саме:

- ✓ температура повітря у приміщенні;
- ✓ вологість повітря у приміщенні;
- ✓ атмосферний тиск;
- ✓ концентрація вуглекислого газу у повітрі;
- ✓ концентрація озону у приміщенні;
- ✓ концентрація аероіонів.

Розроблена система умовно складається з двох частин:

1. Технічна складова системи, що містить:

- систему збору інформації, яка складається з сенсорів параметрів мікроклімату, систему збору первинної обробки інформації з датчиків, засоби бездротової передачі інформації на центральний сервер;
- систему керування параметрами мікроклімату для можливості дистанційного регулювання цих параметрів;

2. Інформаційна система, що має містити та забезпечувати:

- встановлення локальної мережі в приміщенні, можливе використання бездротових технологій;
- вихід в інтернет;
- дистанційне керування всіма системами через інтернет.

Система керування здатна погоджувати роботу інженерних систем, оцінюючи стан сенсорів, датчиків, відпрацьовуючи команди з пультів керування, прив'язуючись до часу доби, пори року та ін. Сучасний рівень технологій дозволяє власникові мати справу не тільки з сенсорними панелями або «розумними» вимикачами, а також використовувати КПК, мобільні телефони, інтернет. З їх допомогою можна керувати всім устаткуванням, яке функціонує в приміщенні: світлом, кліматом, охороною, звуком і відеосистемою, домашнім кінотеатром, побутовою електронікою, комп'ютером тощо.

Розглянемо можливі варіанти реалізації функції зворотного керування параметрами мікроклімату.

**1. Керування з сенсорних панелей**

Сенсорна панель – це спеціалізований сенсорний комп'ютер, що дозволяє працювати з різними запрограмованими екранними меню, на яких відображається поточний стан системи і розташовуються елементи керування нею у вигляді графічних кнопок і повзунків. Сенсорні панелі існують в настільному, врізному і переносному варіантах. Працюючи в діалоговому режимі, панелі керування здатні показати будь-яку інформацію, прийняти команди при торканні пальцем відповідної картинки, вразивши вас своїм графічним інтерфейсом.

**2. Керування з допомогою переносних планшетних комп'ютерів**

Ці комп'ютери мають бездротове підключення до систем типу «Розумний будинок», плоский сенсорний дисплей та процесор, який забезпечує продуктивність на рівні звичайних настільних комп'ютерів.

**3. Керування з допомогою КПК (кишеньковий портативний комп'ютер)**

КПК становить собою невеликий комп'ютер з невеликим сенсорним дисплеєм, підключеним до системи «Розумний будинок» з допомогою Wi-Fi з'єднання. Дозволяє запускати сценарії, керувати освітленням, електронним навантаженням та іншими функціями.

**4. Навчасні пульти керування**

Ці пристрої дозволяють керувати всіма приладами, що мають можливість керування з допомогою ІЧ-порту. Це можуть бути аудіо- та відеопристрої, жалюзі, освітлення.

**5. Керування через інтернет**

З допомогою керування через інтернет можливо керувати абсолютно всіма пристроями, отримати візуальне відображення їх поточного стану.

**6. Керування через мобільний телефон**

При підключенні системи до телефонної лінії або GSM-модуля є можливість керувати функціями будинку з допомогою DTMF (тонових) сигналів, WAP-команд, або Java-додатків, а також отримувати SMS-повідомлення з описанням того, що відбулось у зміні параметрів. Відіславши SMS, можливо віддалено керувати параметрами мікроклімату.

**7. Сценарне керування**

Однією з переваг системи типу «розумний будинок» є створення сценаріїв керування, тобто прописуючи можливість автоматичного реагування на події в системі, здійснюючи визначені користувачем операції. В будь-який момент можна змінити сценарій з допомогою будь-якого керуючого пристрою.

Найкращим варіантом буде поєднання декількох способів керування для забезпечення дистанційного та ручного режимів керування.

На рисунку 1 наведено структурну схему розробленої системи моніторингу якості повітря.

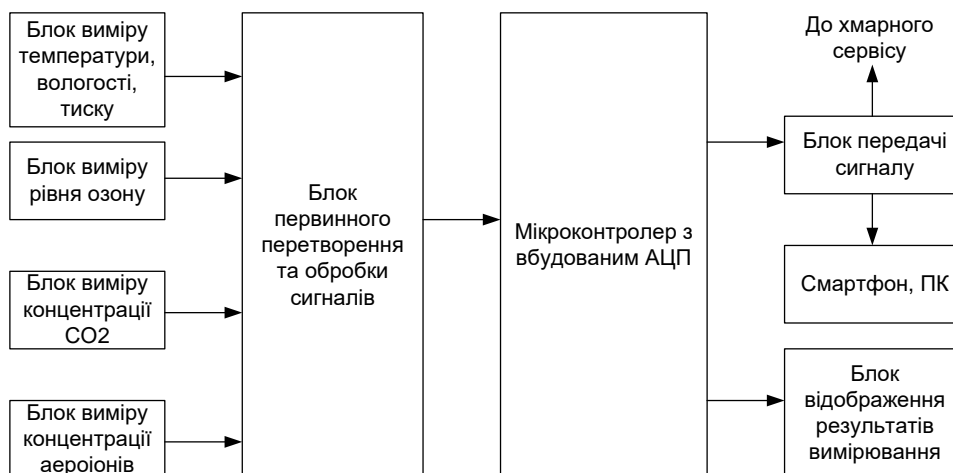


Рис. 1. Схема системи моніторингу мікроклімату навчальних аудиторій [2]

Як мікроконтролер пропонується обрати ESP32, оскільки в нього є інтегровані контролери Wi-Fi і Bluetooth, що дозволяє спростити схему, бо відсутні додаткові модулі були б необхідні при створенні такої ж схеми, наприклад, на Arduino. Також для системи дистанційного керування мікрокліматом можна використати ESP2866 з інтерфейсом Wi-Fi. Для реєстрації параметрів мікроклімату було обрано такі цифрові датчики: модуль датчика якості повітря VME680, який призначений для вимірювання температури, вологості повітря та атмосферного тиску, а також оцінки якості повітря з відповідною індикацією; Датчик вуглекислого газу MH-Z19B, датчик озону MQ-131 та розроблений автором сенсор вимірювання концентрації легких аероіонів [14]. Зв'язок запропоновано реалізувати за допомогою технології передачі даних Wi-Fi, що підтримує протокол 802.11n. При цьому швидкість передачі даних становить до 150 Мбіт/с на частотах 2,4 ГГц або 5 ГГц. Перевагою використання та реалізації такої архітектури є те, що існує можливість використовувати збір інформації на відстанях більших, ніж безпосередньо біля самого комп'ютера, при цьому не втрачається швидкість передачі даних. Окрім цього, канал передачі даних є захищеним, що тим самим задовольняє вимоги надійності та авторизованого доступу до системи контролю параметрами мікроклімату.

Окрім цього, система містить:

1. Реєстратор-вебсервера, який призначений для збору даних від бездротових перетворювачів. Цей пристрій виконує кілька функцій: збирає і зберігає дані, отримані від перетворювачів, забезпечує інтернет-доступ до даних через вебінтерфейс встановленого на ньому програмного забезпечення, здійснює аварійну сигналізацію, виконує функцію сервера бази даних.
2. Координатор який є шлюзом між бездротовими перетворювачами і реєстратором-вебсервером.
3. Блок безперебійного живлення, який здійснює моніторинг наявності електроживлення і забезпечує автономну роботу системи протягом 8–12 годин у разі його відсутності.
4. Програмне забезпечення.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** У роботі було проведено огляд систем вимірювання параметрів мікроклімату у закритих приміщеннях, визначено їх переваги та недоліки. На основі проведеного аналізу, аналізу впливу показників мікроклімату на фізіологічні параметри учасників освітнього процесу було визначено набір базових параметрів для моніторингу, висунуто вимоги до побудови системи контролю параметрів мікроклімату. Для забезпечення зазначених вимог було розроблено систему моніторингу параметрів мікроклімату навчальних приміщень, яка є складовою інформаційно-цифрового здоров'язбережувального середовища [15] Державного університету «Житомирська політехніка».

В подальшому необхідно розробити алгоритми обробки інформації з датчиків та алгоритм керування системами зміни параметрами мікроклімату, провести вибір середовища програмування пристрою та розробити програмне забезпечення роботи цієї системи.

#### Список використаної літератури:

1. Види мікроклімату і його вплив на здоров'я людини [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi\\_mikroklimatu\\_vpliv\\_zdorovya\\_lyudini](http://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi_mikroklimatu_vpliv_zdorovya_lyudini).

2. Коренівська О.Л. Інформаційно-комунікаційна система моніторингу мікроклімату приміщень : випускна кваліфікаційна робота магістра / О.Л. Коренівська. – Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова, 2021. – 100 с.
3. On the measurement of microclimate. *Methods in Ecology and Evolution* / I.Maclean, J.Duffy, S.Haesen and other // Wiley. – 2021. – 12 (8). – P. 1397–1410.
4. Evaluation of microclimatic conditions during the teaching process in selected school premise Slovak case study / I.Turekov, I.Markov, E.Sventekov, J.Harangozo // *Energy*. – 2022. – № 239. – P. 1–8 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cutt.ly/mMxC4LG>.
5. Бенедицький В.Б. Вплив аероіонів на зміну фізіологічних показників студентів при проведенні штучної іонізації повітря у лекційних аудиторіях / В.Б. Бенедицький, О.Л. Коренівська, К.А. Радченко // *Scientific achievements of modern society. 4-rd International scientific and practical conference, 4–6 December*. – Liverpool, United Kingdom, 2019. – P. 842–847.
6. Визначення параметрів оптимальної комфортності у робочій зоні приміщення за показниками повітряного середовища / О.І. Запорожець, С.В. Сукач, О.Г. Галаган, Т.Ф. Козловська // *Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського*. – Кременчук : КрНУ. – 2017. – Вип. 1 (102). – С. 17–21.
7. Сукач С.В. Дослідження динаміки аероіонного складу повітря навчальних приміщень / С.В. Сукач, В.М. Гусев, Р.М. Левківський // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – Полтава : ПолтНТУ, 2016. – Вип. 3 (39). – С. 126–128.
8. Соколова Н.О. Інформаційна система моніторингу мікроклімату робочого місця / Н.О. Соколова, А.С. Белов // *Вісник ХНТУ*. – 2019. – № 2 (69), Ч. 2. – С. 250–255.
9. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>.
10. Санітарний регламент для дошкільних навчальних закладів : Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 234 від 24.03.2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0563-16#Text>.
11. Про затвердження Санітарного регламенту для закладів загальної середньої освіти : Наказ МОЗ України № 2205 від 25.09.2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cutt.ly/IMx0gc5>.
12. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до улаштування, утримання і режиму спеціальних загальноосвітніх шкіл (шкіл-інтернатів) для дітей, які потребують корекції фізичного та (або) розумового розвитку, та навчально-реабілітаційних центрів : Наказ МОЗ України № 144 від 20.02.2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0410-13#Text>.
13. Automated Microclimate Regulation in Agricultural Facilities Using the Air Curtain System / N.Kiktev, T.Lendiel, V.Vasilenkov and other // *Sensors*. – 2021. – № 21. – P. 81–82.
14. Korenivska O.L. Current issues monitor of the level of air ionization in enclosed space / V.B. Benedytskyi, O.L. Korenivska // *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Сер. : Технічні науки*. – 2016. – № 1 (76). – С. 108–112.
15. Architecture for edge devices for diagnostics of students' physical condition / T.Nikitchuk, T.Vakaliuk, O.Chernysh and other // *Joint Proceedings of the Workshops on Quantum Information Technologies and Edge Computing (QuInT+doors 2021)*. – Zhytomyr, 2021. – P. 45–56.

#### References:

1. *Vydy mikroklimatu i jogo vplyv na zdorov'ja ljudyny*, [Online], available at: [http://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi\\_mikroklimatu\\_vplyv\\_zdorovya\\_lyudini](http://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi_mikroklimatu_vplyv_zdorovya_lyudini)
2. Korenivska, O.L. (2021), *Informacijno-komunikacijna sistema monitoryngu mikroklimatu prymishhen'*, випускна кваліфікаційна робота магістра, Зhytomyr's'kyj vijs'kovyj instytut imeni S.P. Korol'ova, 100 p.
3. Maclean, I., Duffy, J., Haesen, S. et al. (2021), «On the measurement of microclimate», *Methods in Ecology and Evolution*, No. 12 (8), pp. 1397–1410.
4. Turekov, I., Markov, I., Sventekov, E. and Harangozo, J. (2022), «Evaluation of microclimatic conditions during the teaching process in selected school premise Slovak case study», *Energy*, No. 239, pp. 1–8, [Online], available at: <https://cutt.ly/mMxC4LG>
5. Korenivska, O.L., Benedyckij, V.B. and Radchenko, K.A. (2019), «Vplyv aeroioniv na zminu fiziologichnyh pokaznykiv studentiv pry provedenni shtuchnoi' ionizacii' povitrtja u lekcijnyh audytorijah», *Scientific achievements of modern society. 4rd International scientific and practical conference, 4–6 December*, Liverpool, United Kingdom, pp. 842–847.
6. Zaporožec', O.I., Sukach, S.V., Galagan, O.G. and Kozlov's'ka, T.F. (2017), «Vyznachennja parametriv optymal'noi' komfortnosti u robochoi' zoni prymishhennja za pokaznykamy povitrtjanogo seredovyshha», *Visnyk Kremenčuc'kogo nacional'nogo univertsytetu imeni Myhajla Ostrograd's'kogo*, No. 1 (102), pp. 17–21.
7. Sukach, S.V., Gusjev, V.M. and Levkiv's'kyj, R.M. (2016), «Doslidzhennja dynamiky aeroionnogo skladu povitrtja navchal'nyh prymishhen'», *Systemy upravlinnja, navigacii' ta zv'jazku*, Issue 3 (39), pp. 126–128.
8. Sokolova, N.O. and Bjelov, A.S. (2019), «Informacijna sistema monitoryngu mikroklimatu robochogo miscja», *Visnyk HNTU*, No. 2 (69), Ch. 2, pp. 250–255.
9. *Sanitarni normy mikroklimatu vyrobnychyh prymishhen' DSN 3.3.6.042-99*, [Online], available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>
10. Ministerstvo ohorony zdorov'ja Ukrai'ny (2016), *Sanitarnyj reglament dlja doshkil'nyh navchal'nyh zakladiv*, Nakaz No. 234 vid 24.03, [Online], available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0563-16#Text>

11. Ministerstvo ohorony zdorov'ja Ukrainy (2020), *Pro zatverdzhennja Sanitarnogo reglamentu dlja zakladiv zagal'noi' seredn'oi' osvity*, Nakaz No. 2205 vid 25.09, [Online], available at: <https://cutt.ly/IMx0gc5>
12. Ministerstvo ohorony zdorov'ja Ukrainy (2013), *Pro zatverdzhennja Derzhavnyh sanitarnykh norm ta pravyl «Gigijenichni vymogy do ulashtuvannja, utrymannja i rezhymu special'nykh zagal'noosvitnih shkil-internativ) dlja ditej, jaki potrebut korekcii' fizychnogo ta (abo) rozumovogo rozvytku, ta navchal'no-reabilitacijnykh centriv»*, Nakaz No. 144 vid 20.02, [Online], available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0410-13#Text>
13. Kiktev, N., Lendiel, T., Vasilenkov, V. et al. (2021), «Automated Microclimate Regulation in Agricultural Facilities Using the Air Curtain System», *Sensors*, No. 21, pp. 81–82.
14. Korenivska, O.L. and Benedytskyi, V.B. (2016), «Current issues monitor of the level of air ionization in enclosed space», *Visnyk Zhytomyrs'kogo derzhavnogo tehnologichnogo universytetu*, Ser. *Tehnichni nauky*, No. 1 (76), pp. 108–112.
15. Nikitchuk, T., Vakaliuk, T., Chernysh, O. et al. (2021), «Architecture for edge devices for diagnostics of students' physical condition», *Joint Proceedings of the Workshops on Quantum Information Technologies and Edge Computing (QualInT+doors 2021)*, Zhytomyr, pp. 45–56.

**Коренівська** Оксана Леонідівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій в медицині та телекомунікаціях Державного університету «Житомирська політехніка».

<http://orcid.org/0000-0002-3735-7690>.

Наукові інтереси:

- побудова медичної апаратури;
- апаратури контролю параметрів мікроклімату та аероіонізації.

E-mail: o.l.korenivska@gmail.com.

**Бенедичий** Василь Борисович – старший викладач кафедри комп'ютерних технологій в медицині та телекомунікаціях Державного університету «Житомирська політехніка».

<http://orcid.org/0000-0003-1623-1594>.

Наукові інтереси:

- технічні аспекти розробки вимірювальної апаратури та обробки сигналів.

E-mail: vslbened@gmail.com.

**Нікітчук** Тетяна Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Державного університету «Житомирська політехніка».

<http://orcid.org/0000-0002-9068-931X>.

Наукові інтереси:

- цифрова обробка біомедичних сигналів;
- дослідження роботи серцево-судинної системи.

E-mail: tnkitchuk@ukr.net.

**Korenivska O.L., Benedytskyi V.B., Nikitchuk T.M.**

#### **Aspects of building systems for monitoring microclimate parameters in educational institutions**

The microclimate of the premises is the state of the internal environment of the premises, which in a certain way affects the health, psycho-emotional state, working capacity and well-being of the person staying there. Microclimate is determined by the combination of temperature, humidity, air movement speed, and air purity acting on the human body. If the microclimate does not meet the norm, well-being worsens, complaints of suffocation, difficulty breathing, heaviness in the head, headache, sweating, drowsiness, and a decrease in mental and then physical performance appear.

The regulatory and technical documentation specifies the recommended permissible changes in the parameters of the microclimate, which are comfortable for the human body and do not lead to a negative impact on well-being. Recently, a number of studies have been conducted that show the negative impact of exceeding some parameters of the microclimate on the well-being of students and employees of educational institutions. But they do not provide an opportunity to structure these data and develop a set of measures to create a health-preserving environment in educational institutions.

To solve the problem of monitoring the microclimate of the room, the work proposes the development of an autonomous information and communication system for measuring climatic parameters, such as temperature, relative humidity, the level of carbon dioxide in the air, and the concentration of light aeroions with data recording on a smartphone and saving on a remote server. The development is part of a system for researching the influence of microclimate parameters on the physiological state of students. The results obtained in the work will make it possible to develop measures to ensure the necessary normal conditions for studying students in closed rooms. The developed system can also be used to monitor the microclimate in hermetically sealed military facilities – missiles, aircraft, tanks, etc.

**Keywords:** microclimate; sanitary and hygienic standards; optimal microclimate parameters; aeroionization; concentration of aeroions.

Стаття надійшла до редакції 20.07.2022.