

“Допущено до захисту”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____ Петро ПЛЕШКОВ
“___” _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА **за другим (магістерським) рівнем вищої** **освіти**

на тему:
**«Експериментальні дослідження параметрів
мікроклімату громадських будівель»**

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу магістратури, групи ЕНМ-20МЗ
ОПП «Енергетичний менеджмент»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ Каліч А. М.
«___» _____ 2021 р.

Керівник роботи
к.т.н., доцент
_____ Катерина ПЕТРОВА
«___» _____ 2021 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет ЦЗДО

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Петро ПЛЄШКОВ

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Каліча Андрія Михайловича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Експериментальні дослідження параметрів мікроклімату громадських будівель

Experimental studies of microclimate parameters of public buildings

2. Керівник роботи Петрова Катерина Григорівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 03.12.2021 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Метою роботи є виявлення шляхів забезпечення нормативних параметрів мікроклімату громадських будівель за мінімальних витрат енергоносіїв. Для досягнення поставленої мети у роботі розглянуто наступні завдання: 1) проведення аналізу проблеми забезпечення якості повітря громадських будівель; 2) проведення натурних експериментальних досліджень мікрокліматичних приміщень громадських будівель; 3) визначення реальних значень кратностей повітрообміну в приміщеннях громадських будівель; 4) розроблення алгоритму визначення вектора керування та структурну схему САК мікрокліматом приміщення; 5) створення комп'ютерної імітаційної моделі керування мікрокліматом за допомогою САК, що містять канали керування за температурою та концентрацією діоксиду вуглецю.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Економічна частина</i>	<i>к.е.н, доц. кафедри економіки та підприємництва Журило І.В.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н., доц. кафедри "ЕТС та ЕМ" Савеленко І.В.</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ. Аналіз проблеми забезпечення якості повітря громадських будівель</i>	<i>20.09.21</i>	
2	<i>Дослідження методики визначення кратності повітрообміну та її впливу на енергопотребу будівлі</i>	<i>04.10.21</i>	
3	<i>Методика та результати експериментальних досліджень якості повітря громадських будівель</i>	<i>18.10.21</i>	
4	<i>Моніторинг параметрів мікроклімату приміщень громадських будівель м. Кропивницький</i>	<i>01.11.21</i>	
5	<i>Економічний розділ</i>	<i>15.11.21</i>	
6	<i>Охорона праці</i>	<i>22.11.21</i>	
7	<i>Висновки. Оформлення списку використаних джерел</i>	<i>25.11.21</i>	
8	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>30.11.21</i>	

Дата видачі завдання
«01» вересня 2021 р.

Підпис керівника _____

Петрова К. Г.

Завдання прийнято до виконання
«01» вересня 2021 р.

Підпис здобувача _____

Каліч А. М.

АНОТАЦІЯ

Каліч А. М. Експериментальні дослідження параметрів мікроклімату громадських будівель.

Кваліфікаційна робота за другим (магістерським) рівнем вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньої програми «Енергетичний менеджмент». – Центральноукраїнський національний технічний університет; Кропивницький, 2021 р.

Метою роботи є виявлення шляхів забезпечення нормативних параметрів мікроклімату громадських будівель за мінімальних витрат енергоносіїв.

В роботі проаналізовано проблеми забезпечення якості повітря громадських будівель, виконано огляд нормативної бази забезпечення параметрів мікроклімату та оцінювання поточного стану систем вентиляції й повітрообміну, визначено шляхи забезпечення нормативної якості повітря.

Розглянуто методику оцінювання енергетичної ефективності систем забезпечення якості повітря та розроблено систему моніторингу параметрів мікроклімату дитячих навчальних закладів; проаналізовано результати експериментальних досліджень параметрів мікроклімату приміщень дитячих навчальних закладів. Синтезовано систему автоматичного керування локальною рекуперацією повітря для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату приміщень, виконано комп'ютерне імітаційне моделювання системи автоматичного керування мікрокліматом приміщення за показниками температури та концентрації CO₂.

Результати досліджень можуть бути використані під час виконання експериментальних досліджень параметрів мікроклімату будівель різного призначення, а також під час проектування систем вентиляції.

МІКРОКЛІМАТ, ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЙНІ СИСТЕМИ, СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

ABSTRACT

Kalich A. M. Experimental studies of microclimate parameters of public buildings.

Qualification thesis second (master's) level of higher education on speciality 141 "Electrical Energetics, Electrical Engineering and Electromechanics" professional program "Energy management". – Central Ukrainian National Technical University; Kropyvnytskyi, 2021.

The aim of the work is to identify ways to ensure the regulatory parameters of the microclimate of public buildings with minimal energy costs.

The paper analyzes the problems of air quality of public buildings, reviews the regulatory framework for microclimate parameters and assess the current state of ventilation and air exchange systems, identifies ways to ensure regulatory air quality.

The method of assessing the energy efficiency of air quality assurance systems is considered and the system of monitoring the microclimate parameters of children's educational institutions is developed; the results of experimental researches of parameters of microclimate of premises of children's educational institutions are analyzed. The system of automatic control of local air recovery was synthesized to ensure the optimal parameters of the microclimate of the premises, computer simulation modeling of the system of automatic control of the microclimate of the premises by indicators of temperature and CO₂ concentration was performed.

The results of research can be used during experimental studies of the microclimate parameters of buildings for various purposes, as well as when designing ventilation systems.

MICROCLIMATE, AIR QUALITY, EXPERIMENTAL RESEARCH,
VENTILATION SYSTEMS, ENERGY MONITORING SYSTEM

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ	10
1.1. Огляд нормативної бази забезпечення параметрів мікроклімату приміщень громадських будівель.....	10
1.2. Оцінювання поточного стану систем вентиляції та повітрообміну громадських будівель.....	15
1.3. Шляхи забезпечення мікрокліматичних умов у приміщеннях громадських будівель.....	19
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ КРАТНОСТІ ПОВІТРООБМІНУ ТА ЇЇ ВПЛИВУ НА ЕНЕРГОПОТРЕБУ БУДІВЛІ.....	27
2.1. Методика визначення кратності повітрообміну розрахунковим шляхом	27
2.2. Аналіз результатів розрахунку кратності повітрообміну.....	31
2.3. Визначення енергопотреби будівлі з використанням сіткового методу	36
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ.....	41
3.1. Опис вимірювального комплексу для контролю параметрів мікроклімату	41
3.2. Методика експериментальних досліджень параметрів мікроклімату	42
3.3. Оцінювання результатів експериментальних досліджень параметрів мікроклімату.....	44
РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ М.КРОПИВНИЦЬКИЙ	56
4.1. Дослідження параметрів мікроклімату приміщень ДНЗ.....	56
4.2. Забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату приміщень	

ДНЗ за рахунок впровадження систем локальної рекуперації повітря	69
РОЗДІЛ 5. АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ	
ВПРОВАДЖЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ АГРЕГАТІВ У	
ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ	79
ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86
ДОДАТКИ	91
ДОДАТОК А. МАТЕРІАЛИ З СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ	91
ДОДАТОК Б. ОХОРОНА ПРАЦІ	96
ДОДАТОК В. РЕЗУЛЬТАТИ ПЕРЕВІРКИ РОБОТИ НА	
АНТИПЛАГІАТ	105
ДОДАТОК Г. РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ	
МІКРОКЛІМАТУ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ.....	106

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГБ	- громадська будівля
ДБН	- державні будівельні норми
ДНЗ	- дошкільний навчальний заклад
ПЕР	- паливно-енергетичні ресурси
САК	- система автоматичного керування

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні проблема забезпечення нормативної якості повітря та мікрокліматичних умов приміщень громадських будівель (ГБ) є однією з найважливіших. Підтримання оптимальних параметрів теплового та вологісного режимів, а також якості повітря приміщень ГБ, тісно пов'язане зі значними витратами паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), що й обумовлює постійне нехтування дотриманням нормативних значень цих параметрів. Це питання набуває особливої актуальності для України в періоди дефіциту та всесвітнього зростання вартості ПЕР.

В той же час, вже давно доведено, що незадовільний тепловий режим приміщень є причиною виникнення та загострення у працівників ГБ ряду хвороб (ревматизму, невралгії, туберкульозу тощо). Щорічно, внаслідок загострення хвороб органів дихання та опорно-рухового апарату з бюджету витрачаються мільйони гривень на виплату лікарняних, пов'язаних із вимушеною непрацездатністю працівників ГБ. У дітей, що перебувають у приміщеннях з високою концентрацією CO_2 у 3,5 рази вищий ризик виникнення сухого кашлю та у 2 рази – розвитку риніту, ніж у їхніх ровесників, які перебувають у приміщеннях з якісним повітрям [3, 20, 23].

Вочевидь, нестримне бажання зменшити споживання енергетичних ресурсів за будь-яку ціну призводить до масового погіршення стану здоров'я, а також втрати працездатності населення країни.

Даній тематиці присвячена значна кількість публікацій [3-17, 20-27], в яких окреслено багато важливих прблем, однак невирішеними залишаються питання експериментальних досліджень мікрокліматичних приміщень громадських будівель, визначення реальних значень кратностей повітрообміну в них; розроблення алгоритму визначення вектора керування та структурну схему САК мікрокліматом приміщення; а також створення комп'ютерної імітаційної моделі керування мікрокліматом за допомогою САК, що містять канали керування за температурою та концентрацією діоксиду вуглецю.

Метою роботи є виявлення шляхів забезпечення нормативних параметрів мікроклімату громадських будівель за мінімальних витрат енергоносіїв.

Для досягнення поставленої мети у роботі розглянуто наступні завдання:

- проведення аналізу проблеми забезпечення якості повітря громадських будівель;
- проведення натурних експериментальних досліджень мікрокліматичних приміщень громадських будівель;
- визначення реальних значень кратностей повітрообміну в приміщеннях громадських будівель;
- розроблення алгоритму визначення вектора керування та структурну схему САК мікрокліматом приміщення;
- створення комп'ютерної імітаційної моделі керування мікрокліматом за допомогою САК, що містять канали керування за температурою та концентрацією діоксиду вуглецю.

Об'єктом дослідження є процеси формування комфортного та нешкідливого середовища перебування у приміщеннях громадських будівель.

Предметом дослідження є закономірності варіювання параметрів мікрокліматичних умов приміщень громадських будівель.

Результати досліджень можуть бути використані під час виконання експериментальних досліджень параметрів мікроклімату будівель різного призначення, а також під час проектування систем вентиляції.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

1.1. Огляд нормативної бази забезпечення параметрів мікроклімату приміщень громадських будівель

Переважну частину життя людина перебуває у будівлях, зокрема: житлових, виробничих, приміщеннях громадського призначення тощо. Тому, важливим є підтримання у приміщеннях такого мікроклімату, який забезпечить відчуття комфорту та гарантує умови безпечного перебування людей.

ДБН В.2.5-67:2013 визначає поняття та вимоги до мікроклімату приміщень різного призначення. До основних параметрів мікроклімату належать: температура повітря, відносна вологість приміщень, швидкість руху повітря, а також інтенсивність теплового випромінювання і температура поверхні.

Відповідно до п.3.28 [1] визначено види мікрокліматичних умов та їх вплив на самопочуття людини. Так, до оптимальних параметрів належить таке поєднання параметрів мікроклімату, за якого під час тривалого та систематичного впливу на людину залишається незмінним тепловий стан організму без активізації механізмів терморегуляції.

Підвищені оптимальні умови необхідно створювати у приміщеннях, де перебувають дуже чутливі та слабкі люди з особливими потребами, зокрема: люди з інвалідністю, хворі, маленькі діти, а також люди похилого віку.

Під допустимими параметрами мікроклімату розуміють такі, за яких під час тривалого та систематичного впливу на людину виникають зміни теплового стану організму, що досить швидко нормалізуються, однак призводять до напруження механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. У такому випадку не виникає порушень або ушкоджень поточного стану здоров'я, однак перебування у приміщенні викликає появу млявості, головного болю, втрату концентрації і, відповідне, зниження працездатності.

Обмежено допустимі умови мікроклімату дозволені для приміщень будівель з обмеженим використанням впродовж року (до 4 місяців підряд).

Норми температури та вологості приміщень різного призначення наведені в ДБН В.2.5-67:2013 (табл. Д.4 та Д.5) [1]. Значення нормативної температури приміщень для опалення та охолодження для навчальної аудиторії із сидячим типом діяльності наведемо у табл.1.1, значення відносної вологості повітря подамо у вигляді табл.1.2.

Таблиця 1.1. Нормативна температура приміщень для опалення та охолодження для навчальної аудиторії із сидячим типом діяльності [1]

Тип приміщення будівлі	Умови мікроклімату	Діапазон в опалювальний період (у холодний період)	Діапазон в період охолодження (у теплий період)
Аудиторія, клас Сидяча діяльність - орієнтовно 1,2 мет	Підвищені оптимальні	22,0±1,0	24,5±1,0
	Оптимальні	22,0±2,0	24,5±1,5
	Допустимі	22,0±3,0	24,5±2,5

Таблиця 1.2. Нормовані показники відносної вологості повітря [1]

Умови мікроклімату	Значення відносної вологості повітря, %
Підвищені оптимальні	30-50
Оптимальні умови	25-60
Допустимі	25-70
Обмежено допустимі	<20 та > 70

Ще одним досить важливим параметром мікроклімату приміщень є чистота повітря. Під чистотою повітря розуміють відсутність забруднень внутрішнього повітря. Найбільшу роль у забрудненні внутрішнього повітря громадських будівель відіграє наявність отруйних продуктів життєдіяльності людей. До яких належать не лише вуглекислий газ, а й понад тридцять інших антропогенних речовин (CO₂, NH₃, C₃H₆O, H₂S, C₆H₆O, альдегіди, органічні кислоти тощо).

Крім того, повітря може бути насичене й іншими шкідливими для організму людини речовинами. Такі речовини утворюються, зокрема під час розкладання органічних речовин на поверхні тіла, одязі, в кімнатному пилу тощо. В той же час, є й інші загрози, серед котрих: бактерії, віруси, цвільові грибки, патогенні мікроби тощо.

Дослідження [7] підтвердили, що навіть у випадку низьких концентрацій вуглекислого газу, він стає токсичним для людини. Адже, впливає на клітинну мембрану та провокує біохімічні зміни складу крові людини, наприклад ацидоз. Зміна кислотно-лужної рівноваги в організмі призводить до серцево-судинних захворювань, зростання ваги, погіршення імунітету, захворювань нирок та, навіть, діабету.

За результатами наукових досліджень [7] визначено граничне значення умов концентрації вуглекислого газу, яке є токсичним для людини і становить 0,1% (1000 ppm). Постійний контроль за концентрацією забруднюючих речовин дозволить оцінити якість чистоти повітря. Найпростішим варіантом оцінювання чистоти повітря є перманентне вимірювання вмісту CO₂.

Вимоги до концентрації CO₂ у приміщеннях понад рівень у зовнішньому повітрі відповідно до [1] наведені в табл.1.3.

Таблиця 1.3. Класифікація за рівнем концентрації CO₂ у повітрі [1]

Умови мікроклімату	Рівень концентрації CO ₂ у повітрі, ppm	
	Типовий діапазон	Типове значення
Підвищені оптимальні	<400	350
Оптимальні умови	400-600	500
Допустимі	600-1000	800
Обмежено допустимі	>1000	1200

Лише постійна зміна повітря у приміщеннях дозволить уникнути або істотно послабити згубну дію на людей шкідливих речовин. В той же час, на заміну відпрацьованому (забрудненому) повітрю у приміщення має бути подане

нове (чисте) повітря. Нормальні умови мікроклімату приміщень можна забезпечити сумісним функціонуванням систем вентиляції та опалення. (рис.1.1). Забезпечення нормативного значення повітрообміну у приміщеннях за умов підтримання комфортного температурного режиму є основною функцією систем вентиляції. Цікавим є той факт, що чистоті повітря приділяв увагу в своїх лекціях ще у 1903 році професор Імператорського Московського технічного училища Володимир Михайлович Чаплін, а нормальні температури для різних приміщень, наведені ним повністю відповідають сьогоденним нормативам (див. Додаток А).

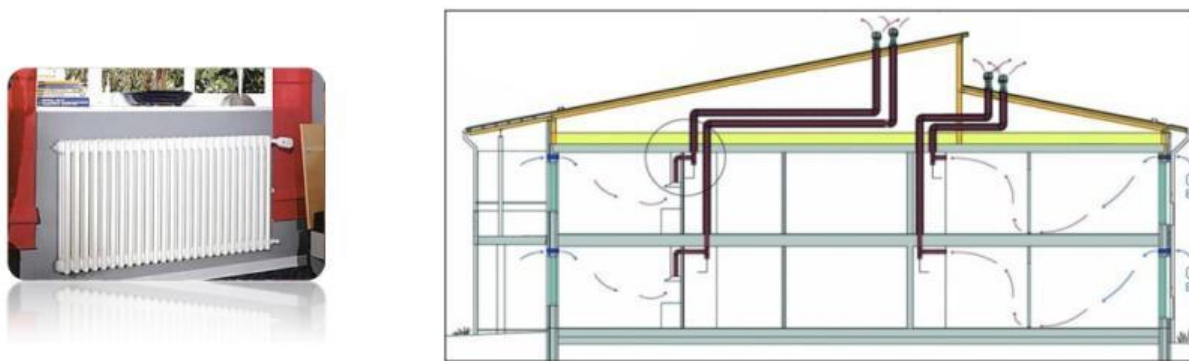


Рис. 1.1. Системи опалення та вентиляції

Значне відхилення від нормативних значень показників мікрокліматичних факторів впливає на відчуття людини та провокує різноманітні фізіологічні реакції організму. Зокрема, відхилення від нормативних показників, впливає на механізми вироблення теплоти організмом людини та може спричинити не лише зміну діяльності потових залоз, а й призвести до тону м'язів, периферичних судин, збільшення пульсу, зміни рівня артеріального тиску тощо. У такому випадку підтримання теплового балансу організмом людини відбувається значного напруження терморегуляційних систем, що істотно впливає на самопочуття людини, працездатність та стан здоров'я.

Під тепловим комфортом розуміємо тепловий стан людини, за якого напруження системи терморегуляції незначне. Цей стан відповідає діапазону

оптимальних мікрокліматичних умов, за якого людському організму притаманна найменша напруга системи терморегуляції та комфортне тепловідчуття. Він забезпечується в діапазоні оптимальних мікрокліматичних умов, в межах якого відзначається найменша напруга терморегуляції і комфортне тепловідчуття.

Для контролю стану мікроклімату приміщень використовують переважно вимірювання його внутрішньої температури. Проте, такий однопараметричний аналіз не дозволяє у повній мірі охарактеризувати стан мікроклімату.

Стан мікрокліматичних умов тісно пов'язаний з енергетичною ефективністю будівель. Наприклад, ДНЗ – це той тип будівель, в яких тривалий час перебувають діти. Від якості мікрокліматичних умов у цих будівлях залежить здоров'я дітей та ефективність навчальних процесів. Створення високого рівня мікрокліматичних умов у цих будівлях є першочерговою задачею. Гігієнічне нормування мікроклімату приміщень ДНЗ визначено в залежності від віку дитини, функціонального призначення приміщень та кліматичної зони. Межами допустимих зон в приміщенні ДНЗ є повітря з відносною вологістю $\varphi \in (20...70)\%$ за температури $t \in (16...24)^\circ\text{C}$ та вмістом $\text{CO}_2 \in (1000...1500) \text{ ppm}$.

Державна політика спрямована на виконання вимог Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» стимулює до інтенсифікації механізмів енергоощадності під час будівництва нових та реконструкції існуючих шкільних будівель. Основні принципи термомодернізації полягають у підвищенні термічного опору огорожуючих конструкцій будівель, що значно підвищує їх щільність та відповідно мінімізує природню інфільтрацію повітря. Наскрізне провітрювання приміщень впродовж 5-10 хвилинної перерви зменшує вміст діоксиду вуглецю (CO_2) на 33-50 %, однак така концентрація не відповідає рекомендованим значенням в 1000 ppm [1]. Ситуація додатково ускладнюється підвищенням рівня концентрації діоксиду вуглецю в навколишньому повітрі. Таке погіршення стану екології обумовлене активним негативним впливом людини, зокрема перманентним спаленням викопних

порід, вирубленням значних масивів лісів, нарощуванням виробничих потужностей підприємств, зростанням кількості автомобілів тощо [6].

Експериментальні дослідження параметрів теплового комфорту підтвердили [7], що у більшості дитячих навчальних закладів системи вентиляції перебувають у неробочому стані або відсутні взагалі, а нормативні показники мікроклімату приміщень не відповідають нормативним [1]. Відновлення централізованих вентиляційних систем ускладнене частковим демонтажем систем припливно-витяжних установок, їх низьким коефіцієнтом корисної дії, цілісністю припливно-витяжних каналів та неможливістю забезпечити вимоги повітрообміну в приміщеннях [3, **Error! Reference source not found.**].

Питання забезпечення оптимального мікроклімату приміщень навчальних закладів розглянуто в роботах [9-13], але у більшості випадків увага присвячена енергоощадним режимам роботи систем вентиляції [9, 10], або розробленню систем вентиляції з природним спонуканням [11], які не завжди можуть забезпечити розрахунковий повітрообмін в зимовий період року. Потенціал природної вентиляції для забезпечення якісного складу повітря в приміщеннях навчальних закладах США за періодичної роботи механічних систем вентиляції розглянуто в [12]. Проблеми забезпечення необхідних умов теплового комфорту та прийнятної якості повітря для навчально-спортивних закладів шляхом імітаційного моделювання в середовищі COMIS досліджено в [13], доведена необхідність застосування примусової вентиляції. Вивченню мікроклімату приміщень гуртожитку університету одного з найбільших міст центральної частини Китаю присвячена робота [14]. В той же час, хоча у роботах [9-14] й констатується сам факт такої проблеми, єдиного ефективного рішення не запропоновано.

1.2. Оцінювання поточного стану систем вентиляції та повітрообміну громадських будівель

Наразі у більшості громадських будівель припливно-витяжна вентиляційна система перебуває у неробочому стані або, навіть, частково демонтована (рис. 1.2).



а



б

Рис. 1.2. Зовнішній вигляд повітроводів системи вентиляції

Припливні системи вентиляції, основним призначенням яких було здійснювати підігрівання, очищення від пилу та подавання у приміщення чистого зовнішнього повітря не функціонують взагалі. На більшості об'єктів громадських будівель збереглися лише залишки вентиляційного обладнання цих систем та повітроводів (рис.1.3).



Рис. 1.3. Залишки вентиляційного обладнання припливних систем вентиляції

На фасадах деяких громадських будівель ще можна побачити вентиляційні шахти відбору зовнішнього повітря (рис.1.4).

Однак, на разі, організована подача чистого повітря у приміщення громадських будівель, де щоденно перебувають сотні тисяч людей та дітей, відсутня.



Рис. 1.4. Шахти для відбору зовнішнього повітря

Надходження свіжого повітря для провітрювання приміщень у більшості громадських будівель здійснюється за рахунок природної вентиляції, зокрема, – відкривання фрамуг й стулок вікон та дверей, а також інфільтрації повітря через нещільності в елементах огорожувальних конструкцій (вікон, дверей, зовнішніх стін). Проте, інфільтрація нівелюється впровадженням енергоощадних заходів: встановленням герметичних металопластикових вікон, дверей, а також зовнішнім утепленням стін. Тому необхідно передбачати у встановлюваних металопластикових вікнах режими «провітрювання» та «мікропровітрювання», використання яких запобігає надмірним втратам тепла.

У деяких приміщеннях внаслідок намагання запобігти втратам тепла, отвори вентканалів заклеюють шпалерами, затуляють папером або, навіть, спеціальними щитками (рис. 1.5), тому відпрацьоване повітря не виводиться.

Це є причиною зниження кратності повітрообміну та, відповідно, погіршення якості повітря (збільшення концентрації CO_2 в приміщеннях, спричиняє підвищену вологість і задуху. Внаслідок відсутності належної вентиляції у приміщеннях запотіватимуть вікна (рис. 1.6 а) та утворюватимуться пліснява й грибок (рис. 1.6 б, в), падатиме продуктивність праці.

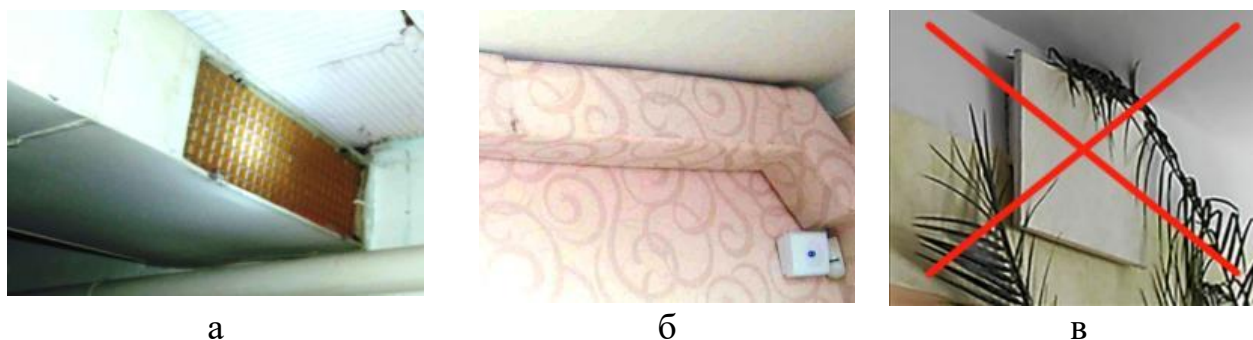


Рис. 1.5. Отвори венканалів, затулені спеціальними щитками та заклеєні шпалерами



Рис. 1.6. Наслідки відсутності вентиляції: а – запотіле вікно; б, в – пліснява й грибок

Такий стан справ із системами вентиляції обумовлений рядом факторів:

- низька якість існуючого вентиляційного обладнання припливних систем вентиляції, зокрема: високий рівень шуму;
- енергетична неефективність, внаслідок значного рівня спожитої енергії та відсутність перманентного контролю за дотриманням нормативних параметрів мікроклімату.

Енергетичні обстеження громадських будівель в різних регіонах України показали, що:

- переважна більшість припливних систем громадських будівель відновленню вже не підлягають, а їх відсутність унеможливорює забезпечення

нормативних параметрів мікроклімату.

- реальний поточний контроль стану вентиляційних каналів не відбувається, перевірка технічного стану вентканалів не виконується;
- витяжні решітки у приміщеннях заклеєні шпалерами, затулені щитами тощо;
- вентиляційні шахти виконані неякісно або перебувають у незадовільному технічному стані.

1.3. Шляхи забезпечення мікрокліматичних умов у приміщеннях громадських будівель

Забезпечення нормативної якості повітря та відповідних мікрокліматичних умов приміщень тісно пов'язане із рівнем споживання ПЕР. Існує відповідний кореляційний зв'язок між рівнем комфортності перебування у приміщенні та рівнем споживання ПЕР.

Спожита на об'єкті теплова енергія використовується на компенсацію теплових втрат через елементи огорожувальних конструкцій, наприклад: зовнішні стіни будівлі, світлопрозорі конструкції, входні двері, горищні покриття, а також для нагрівання зовнішнього повітря, необхідного для забезпечення вентиляції приміщень.

В умовах фінансових обмежень досить часто зниження рівня споживання ПЕР відбувається шляхом зменшення кратностей повітрообміну приміщень будівель. Це своєрідна ілюзія, адже хибне уявлення про "енергоощадність" провокує втрату здоров'я людей.

Основна частина громадських будівель України, побудована ще в 70-80-ті роки ХХ століття. Очевидно, що проєктування та, відповідне, будівництво відбувалось за будівельними нормами, котрі діяли на той час. І хоча нормативи дотримання мікрокліматичних умов того періоду повністю відповідають сучасним нормативам, однак у 70-80-ті роки ХХ століття не йшло мови щодо скорочення споживання енергоносіїв за будь-яку ціну.

Основною причиною незадовільного стану мікроклімату громадських будівель є відсутність перманентного приладного контролю мікрокліматичних показників приміщень у жорстких умовах необхідності зменшення об'ємів споживання енергоресурсів. Тобто, єдиним вирішенням цього питання є впровадження систем моніторингу параметрів якості повітря приміщень громадських будівель.

Розглянемо структуру захворюваності дітей та підлітків до 17 років (рис.1.7), які переважну частину дня перебувають у закладах освіти.



Рис. 1.7. Структура захворюваності дітей та підлітків до 17 років

З діаграми на рис.1.7 видно, що основні проблеми зі здоров'ям, пов'язані із хворобами дихання (понад 60 %). Це обумовлено відхиленнями від нормативних значень показників вологості повітря (занадто низька або висока), порушенням температурних режимів приміщень, незадовільними значеннями повітрообміну приміщень, що є причиною забруднення повітря токсичними та шкідливими речовинами: бактеріями, грибками, спорами грибів, побутовим пилом, пилом рослин, CO₂ та іншими продуктами життєдіяльності.

Сьогодні все людство стоїть перед черговим викликом – коронавірусною інфекцією, яка стрімко захопила світ та офіційно отримала статус пандемії. Результати експериментів Національного інституту алергії та інфекційних захворювань США показали, що новий тип коронавірусу здатний зберігати життєздатність у повітрі впродовж трьох годин.

Традиційно на грип та ГРВІ, які теж викликані вірусами, люди хворіють у зимову пору року. Як основна версія пояснення цього факту висловлюється думка, що саме взимку організм людини ослаблений і тому стає легкою здобиччю для вірусів, що завжди присутні навколо людини. Проте, необхідно звернути увагу на ще один факт: у зимовий період року люди найчастіше проводять час у закритих приміщеннях. Температура в приміщеннях комфортна для вірусів, відстань між людьми є мінімальною, тому взимку небезпека зараження максимально висока. Як правило, влітку вікна відкриті, і відбувається повітрообмін приміщень із підвищеною кратністю, а концентрація вірусів та інших мікроорганізмів знижена. Взимку вікна закриті, системи вентиляції є основним засобом подачі свіжого повітря у приміщення та видалення забрудненого повітря.

Тому, вирішення проблем, пов'язаних із поточним станом систем вентиляції та низькими кратностями повітрообміну громадських будівель, набуло ще більшої актуальності.

На рис.1.8 зображена принципова схема організації повітрообміну ГБ під час їх проектування, здачі в експлуатацію та вже під час експлуатації.

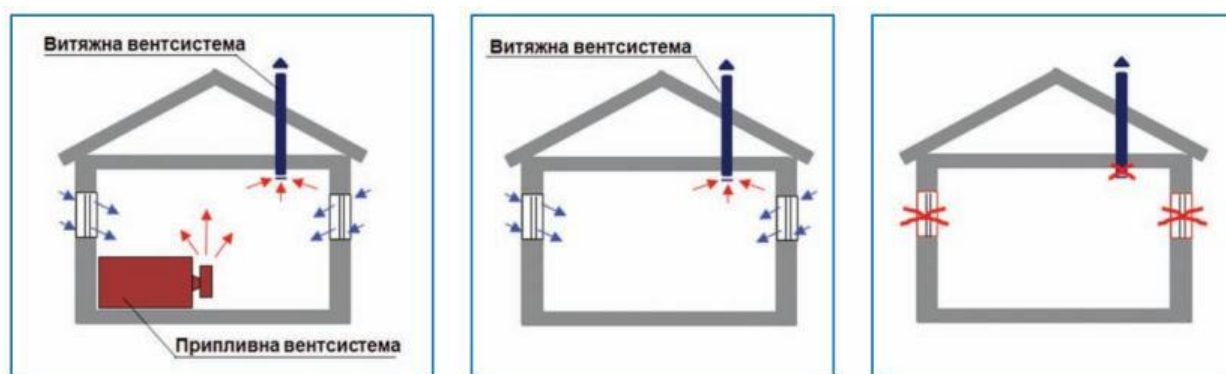


Рис. 1.8. Принципова схема організації повітрообміну ГБ

Найчастіше зустрічалася схема організації повітрообміну будівлі, за якої подавання повітря у приміщення здійснювалась припливними системами з попереднім підігріванням припливного повітря, а видалення відпрацьованого повітря здійснювалось з використанням витяжних систем вентиляції із

природним спонуканням. Під час припинення експлуатації припливних систем вентиляції повітря у приміщення потрапляло крізь нещільності дерев'яних вікон. Такий спосіб подавання повітря у приміщення будівлі відповідав вимогами робочих проєктів.

Необхідно наголосити, що тогочасне вентиляційне обладнання створювало забагато шумового дискомфорту під час своєї роботи, тому установки такого типу експлуатувались досить рідко, а з часом і зовсім перестали використовувати. За роки без експлуатації вентиляційне обладнання на більшості об'єктів було частково пошкоджене, зруйноване або повністю демонтоване.

Державна політика спрямована на виконання вимог Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» стимулює до інтенсифікації механізмів енергоощадності під час будівництва нових та реконструкції існуючих громадських будівель. Основні принципи термомодернізації полягають у підвищенні термічного опору огорожуючих конструкцій будівель, що значно підвищує їх щільність та відповідно мінімізує природню інфільтрацію повітря. Наскрізне провітрювання приміщень впродовж 5-10 хвилинної перерви зменшує вміст діоксиду вуглецю (CO_2) на 33-50 %, однак навіть така концентрація не відповідає рекомендованим значенням в 1000 ppm [1]. Ситуація додатково ускладнюється підвищенням рівня концентрації діоксиду вуглецю в навколишньому повітрі [2]. Таке погіршення стану екології обумовлене активним негативним впливом людини, зокрема перманентним спаленням викопних порід, вирубленням значних масивів лісів, наросуванням виробничих потужностей підприємств, зростанням кількості автомобілів тощо.

Технічні вимоги до систем вентиляції та параметрів мікроклімату, що необхідно забезпечити системами вентиляції у громадських будівлях, визначаються державними нормативними документами, зокрема: ДБН В.5-67:2013, ДБН В.2.2-3:2018, ДБН В.2.2-4:2018 тощо [1, 5, 8].

Наприклад, ДБН В.2.2-4:2018 [5] містить перелік вимог з організації повітрообміну до приміщень будівель ДНЗ (табл. 1.4).

Таблиця 1.4. Норми повітрообміну для приміщень ДНЗ [5]

№ з/п	Найменування приміщення	Повітрообмін за годину	
		Приплив	Витяжка
1	Ігрова, роздягальня:		
2	Ясельної групи;	1,5	1,5
3	Молодшої садової групи;	1,5	1,5
4	Середньої та старшої садових груп	1,5	1,5
5	Спальня:		
6	Ясельної групи;	1,5	1,5
7	Садової групи	1,5	1,5
8	Туалетна:		
9	Ясельної групи;	–	1,5
10	Садової групи	–	1,5
11	Буфетна	–	1,5
12	Зали для музичних та фізкультурних занять, ігротеки	1,5	1,5
13	Зал басейну з ванною	За розрахунком	
14	Медична кімната	–	1
15	Службово-побутові приміщення	–	1
16	Кухня	За розрахунком	
17	Пральня:		
18	Приміщення для прання	5	5
19	Сушильно – прасувальна	5	5

Проблема забезпечення вентиляювання приміщень повинна бути розглянута комплексно з технічної точки та виконуватись збалансовано для всіх приміщень будівель. У той же час мають бути враховані наступні вимоги:

- дотримання нормативних мікрокліматичних умов в приміщеннях;
- підтримання високого рівня енергетичної ефективності будівлі;
- відповідність протипожежним вимогам та вимогам охорони праці;
- відповідність нормативному шумовому рівню.

В умовах сьогодення важливим та практично визначальним показником для впровадження систем вентиляції є їх рівень енергоефективності, тобто можливість забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов за мінімальних витрат енергії.

У сучасного вентиляційного обладнання існує можливість утилізації тепла витяжного повітря. Застосування теплоутилізаторів, конструктивне виконання котрих дозволяє теплову енергію від відпрацьованого витяжного повітря передати зовнішньому свіжому повітрі та нагрівати його. Такі теплоутилізатори дозволяють зменшити втрати тепла до 80-90%. Крім того, вони не лише дозволяють істотно зменшити втрати тепла, а й у період літнього використання заощадити й холод.

Одним з найпоширеніших видів теплоутилізаторів, котрі використовують в системах вентиляції, є рекуперативні теплоутилізатори (рис.1.9).

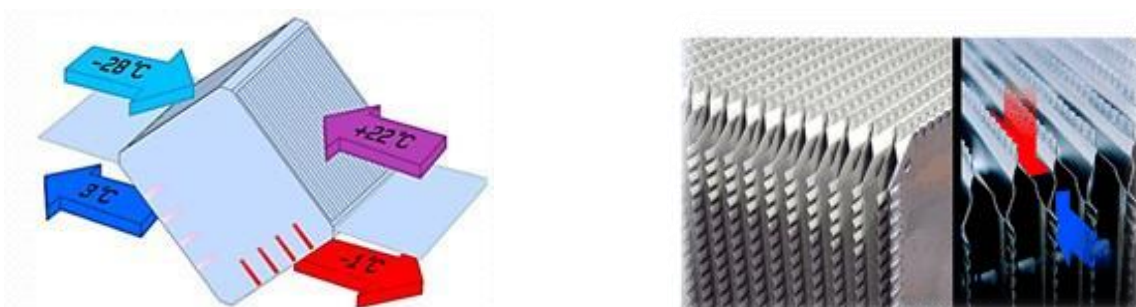


Рис. 1.9. Принцип дії рекуперативних теплоутилізаторів

Принцип роботи рекуперативних теплоутилізаторів полягає у тому, що потоки припливного та витяжного повітря рухаються по різні сторони стінки

(пластини), що є межею цих потоків.

Теплообмінні пластини рекуперативного теплоутилізатора виготовляють переважно із тонколистового алюмінію, міді або ж нержавіючої сталі. Потoki припливного та витяжного повітря рухаються крізь значну кількість каналів, створених цими пластинами. Можливість змішування повітряних потоків повністю виключається. Ефективність таких теплоутилізаторів може сягати рівня 50-80%.

Ще одним типом теплоутилізаторів є регенеративні теплоутилізатори. Вони менш поширені, однак доволі часто використовуються у центральних системах вентиляції. Принцип дії регенеративних теплоутилізаторів полягає у тому, що теплота від потоку витяжного повітря до потоку припливного повітря передається через пустотілий циліндричний барабан – ротор, що обертається.

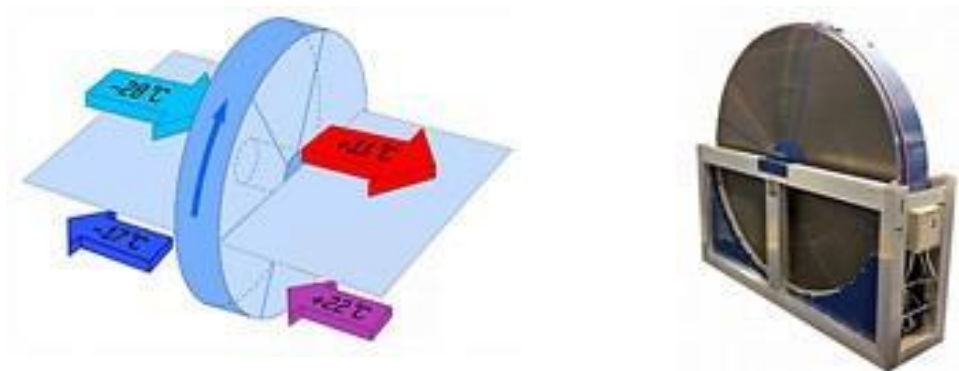


Рис. 1.10. Принцип дії регенеративних теплоутилізаторів

Внутрішній об'єм ротора щільно заповнений металевою фольгою або дротом (матеріал - мідь, алюміній або нержавіюча сталь). Таке щільне заповнення ротору пропускає крізь себе повітря, акумулює тепло одного потоку та віддає його іншому потоку. Ротор має горизонтальну вісь обертання привідного валу. Коефіцієнт ефективності такого теплоутилізатора становить 75 – 90% залежно від швидкості обертання, а також температури припливного й витяжного повітря.

Принцип регенерації може застосовуватись шляхом використання спеціального керамічного теплового акумулятора та реверсної подачі повітря. Такий принцип застосовується для малопотужних автономних агрегатів-

теплоутилізаторів з досягненням високого значення ефективності до 90%.

Ще одним досить поширеним теплоутилізатором є рекуперативні теплоутилізатори з проміжним теплоносієм. В своїй конструкції він має два теплообмінники-калорифери, поєднані між собою трубопроводом.

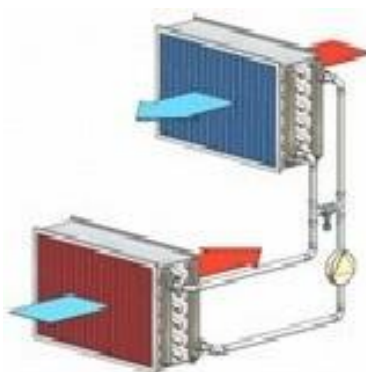


Рис. 1.10. Конструкція рекуперативного теплоутилізатора з проміжним теплоносієм

Наявність проміжного теплоносія зменшує коефіцієнт ефективності таких установок до 45-55%. Однак, значна перевага рекуперативного теплоутилізатора з проміжним теплоносієм полягає у можливості передавання утилізованого тепла на значні відстані.

Одже, повна модернізація припливно-витяжних систем вентиляції потребує значних фінансових затрат. Однак є вкрай необхідною, адже пов'язанна зі здоров'ям людей.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ КРАТНОСТІ ПОВІТРООБМІНУ ТА ЇЇ ВПЛИВУ НА ЕНЕРГОПОТРЕБУ БУДІВЛІ

2.1. Методика визначення кратності повітрообміну розрахунковим шляхом

Зазвичай, математичне моделювання для визначення енергопотреб будівель відбувається із заданням значення кратності повітрообміну. Реальне значення повітрообміну можна визначити експериментально, наприклад, під час проведення натурних експериментів на об'єкті досліджень. Однак, навіть у разі однакової конструкції вікон та зовнішніх дверей у приміщення може потрапляти різна кількість повітря. Вочевидь, це обумовлено залежністю кратності повітрообміну не лише від зовнішніх чинників, а й внутрішніх.

Розглянемо підхід до визначення кратностей повітрообміну, який ґрунтується на визначенні різниці тисків. Різниця тисків в будівлі утворюється різними механізмами: ефект стека, тиску вітру та примусовий тиск механічної вентиляції. Загальну різницю тисків визначають відповідно до (2.1):

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_s + \Delta P_w + \Delta P_v = \Delta P_{inf} + \Delta P_v, \quad (2.1)$$

де ΔP_{tot} - загальна різниця тисків, Па;

ΔP_s - різниця тисків від ефекту стека, Па;

ΔP_w - різниця тиску від вітру, Па;

ΔP_v - різниця тисків від примусової вентиляції, Па;

ΔP_{inf} - інфільтраційна різниця тисків, Па.

Наочне зображення принципів додавання профілів різниці тиску наведено на рис.2.1.

Ефект стека (плавучості) спричинений різницею густин між теплим і холодним повітрям. Визначити зниження тиску повітря з висотою можна за

виразом (2.2):

$$\Delta P_s = P_e(z) - P_i(z) = z(\rho_e - \rho_i)g, \quad (2.2)$$

z - висота від опорної точки, м;

ρ_e - густина зовнішнього та внутрішнього повітря, кг/м³.

ρ_i - густина внутрішнього повітря, кг/м³.

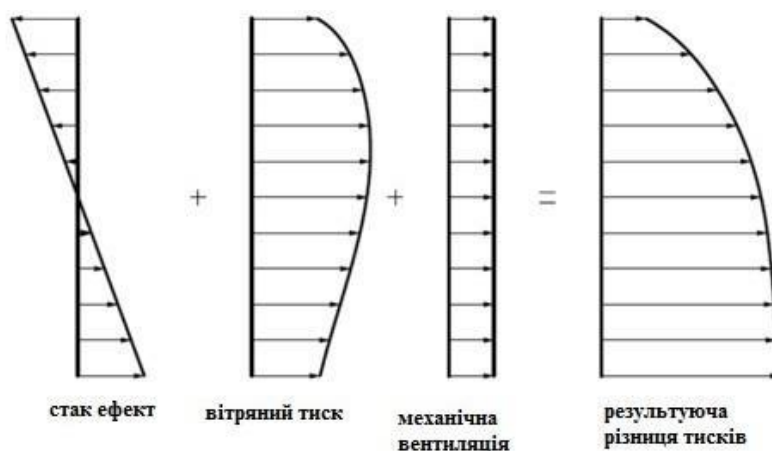


Рис. 2.1. Наочне зображення принципів додавання профілів різниці тиску

На рис. 2.2 зображена точка із значенням $z=0$, що характеризується нейтральним значенням тиску. Тобто, значення за якого внутрішній та зовнішній тиски однакові. У більшості випадків цей рівень знаходиться на середньому поверсі будівлі.

На рис.2.2 видно, що різниця тисків в сторону першого поверху має знак "+", в сторону останнього поверху – "-". Вважаючи, що повітря це ідеальний газ формула набуде виду:

$$\Delta P_s = 3456 \cdot z \cdot \left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_i} \right), \quad (2.3)$$

T_e - температура зовнішнього повітря, К;

T_i - температура внутрішнього повітря, К;

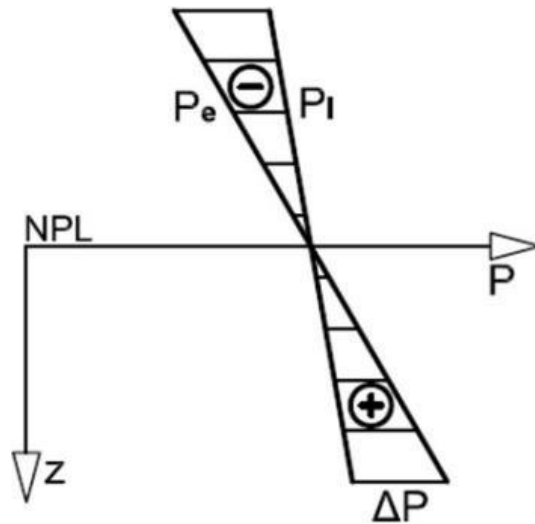


Рис. 2.2. Величина різниці тисків від рівня нейтрального тиску

Моделювання тиску вітру відбувається у більшості програмних продуктів за рівнянням:

$$\Delta P_w = \frac{\rho U_{met}^2}{2} \cdot C_h \cdot C_p(\theta), \quad (2.4)$$

де ρ - густина навколишнього середовища, кг/м³;

U_{met} - швидкість вітру, м/с;

$C_h = \frac{U_h^2}{U_{met}^2} = A_0^2 \left(\frac{H}{H_{ref}} \right)^{2a}$ - коефіцієнт тиску вітру,

H - висота поверху будівлі, м;

H_{ref} - висота, на якій вимірюють швидкість, м;

a - коефіцієнт, що враховує укриття від вітру відповідно до рельєфу місцевості.

У розрахунках напрям вітру враховано коефіцієнтом C_p . Коефіцієнт вітряного тиску визначають за виразом:

$$C_p(\theta) = \frac{1}{2} \left\{ \left[C_p(0^\circ) + C_p(180^\circ) \right] \cdot \left(\cos^2(\theta) \right)^{1/4} + \left[C_p(0^\circ) - C_p(180^\circ) \right] \cdot \left(\cos^2(\theta) \right)^{3/4} + \left[C_p(90^\circ) + C_p(270^\circ) \right] \cdot \sin^2(\theta)^2 \right\} + \left[C_p(90^\circ) + C_p(270^\circ) \right] \cdot \sin^2(\theta)$$

C_p - коефіцієнт тиску вітру;

θ - значення кута вітру відносно нормалі.

На рис. 2.3 наведена методика визначення значення кута та наведені значення вітряних коефіцієнтів в залежності від напрямку вітру за сторонами світу.

Розташування	Кут набігання вітру на поверхню відносно нормалі (θ)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
поверхня 1	0.25	0.06	-0.35	-0.6	-0.5	-0.6	-0.35	0.06
поверхня 2	-0.5	-0.6	-0.35	0.06	0.25	0.06	-0.35	-0.6
поверхня 3	-0.6	0.2	0.4	0.2	-0.6	-0.6	-0.3	-0.6
поверхня 4	-0.6	-0.6	-0.3	-0.6	-0.6	0.2	0.4	0.2

Рис. 2.3. Визначення значення кута та вітряних коефіцієнтів

Тобто, кількість повітря, що надходить в кімнату через інфільтрацію за умов відсутності механічної вентиляції визначають за виразом:

$$G_{\text{int}} = C(\Delta P_{\text{inf}})^p \quad (2.5)$$

де G_{int} - кількість повітря, що надходить у приміщення через інфільтрацію,

C, p – коефіцієнти, що залежать від призначення будівлі;

Кратність повітрообміну в приміщенні визначають із виразу:

$$n = \frac{G_{\text{int}}}{\rho \cdot V} \quad (2.6)$$

V - об'єм приміщення, м³;

n - кратність повітрообміну, год⁻¹.

2.2. Аналіз результатів розрахунку кратності повітрообміну

На рис. 2.4 наведено підхід до визначення напрямку вітру відповідно до значення кута відповідно до методики, наведеної в [6].

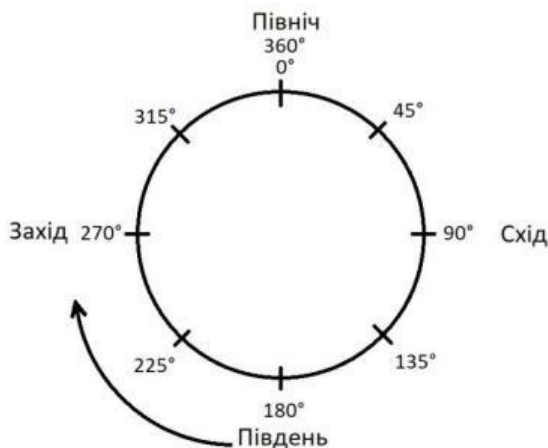


Рис.2.4. Методика визначення напрямку вітру в залежності від кута

За методикою, наведеною в [6] визначення показники зміни різниці тисків, тиску вітру та загальну різницю тисків в залежності від зміни температури, напрямку та швидкості вітру. Дані щодо кліматичних показників обирались з кліматичного IWEC файлу для м.Кропивницький.

На рис. 2.5 наведено графік профілів зміни тисків зі зміною висоти від стек ефекту залежно від варіювання значень температури навколишнього середовища.

Відповідно до графіка (див. рис.2.5) перепад тиску по модулю збільшується зі зниженням температури від середини висоти будівлі. В методиці [6] зазначено, що таке явище не залежить від орієнтації приміщення, а обумовлене різницею густин між теплим і холодним повітрям.

На рис.2. 6 наведено графіки профілів зміни тисків від вітру для північної та південної сторін залежно від напрямку вітру та висоти будівлі.

Рис.2.6 ілюструє наступну залежність: значення зміни тиску від вітру зростає з висотою. З навітряної сторони будівлі значення вітряного тиску є додатним, а з підвітряної - від'ємним.

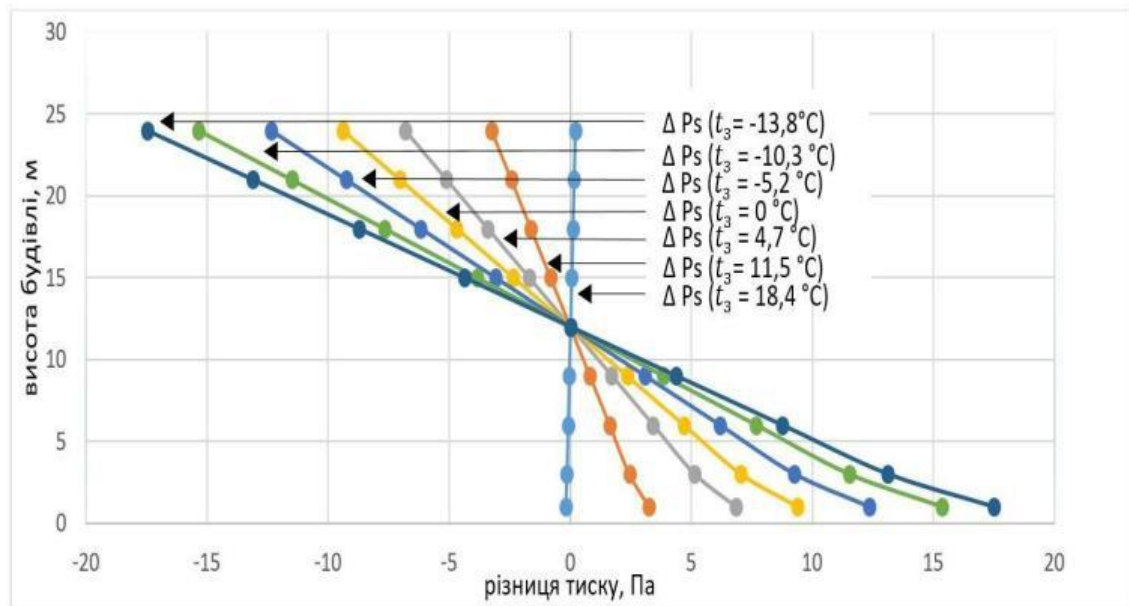


Рис.2.5. Графік зміни різниці тиску в залежності від висоти та варіювання значень температури повітря навколишнього середовища

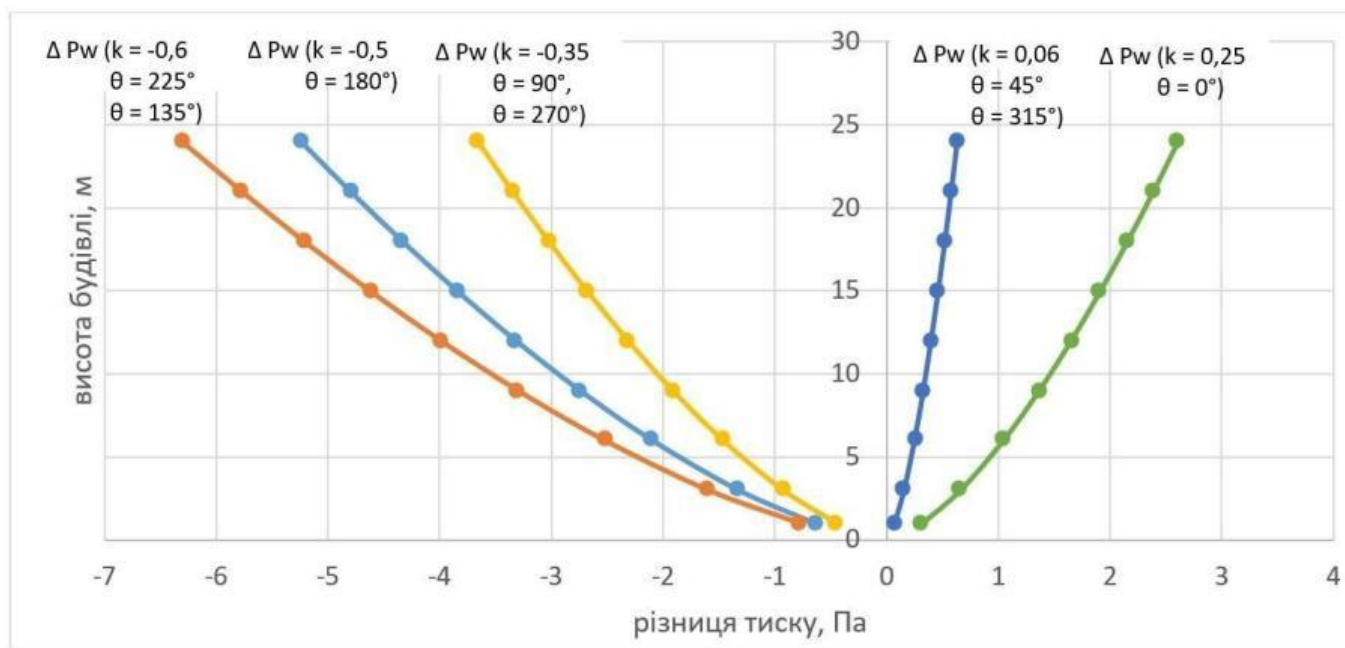
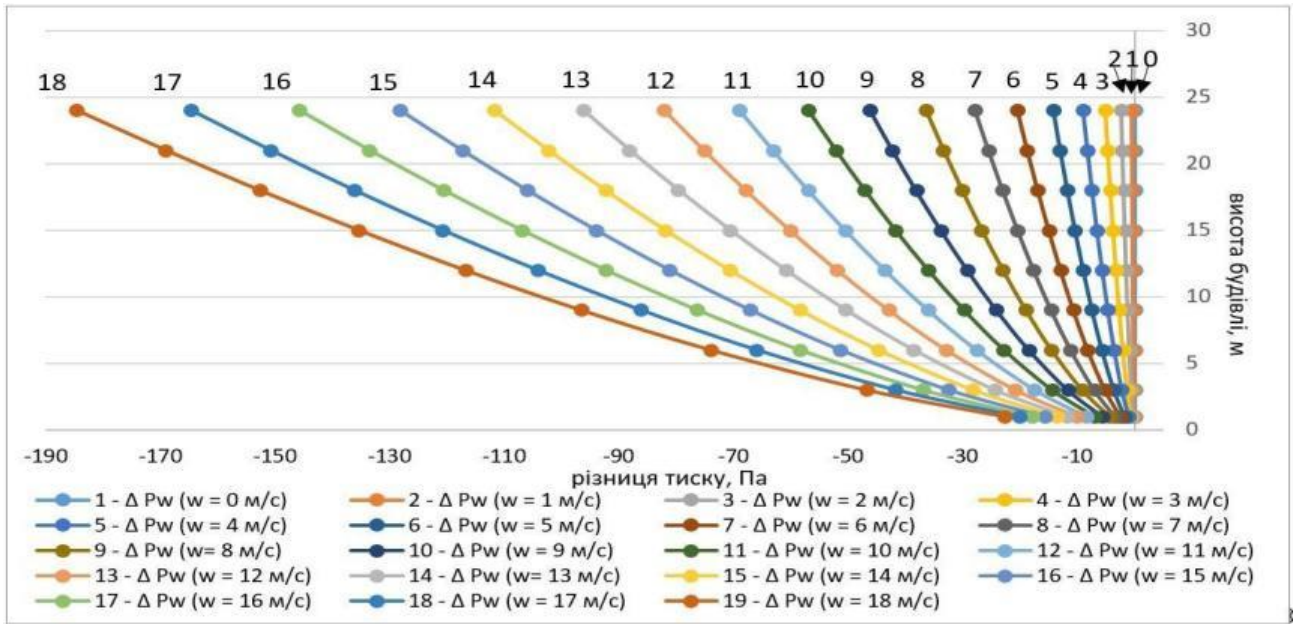


Рис. 2.6. Графік зміни тиску від вітру в залежності від зміни напрямку вітру на південну сторону

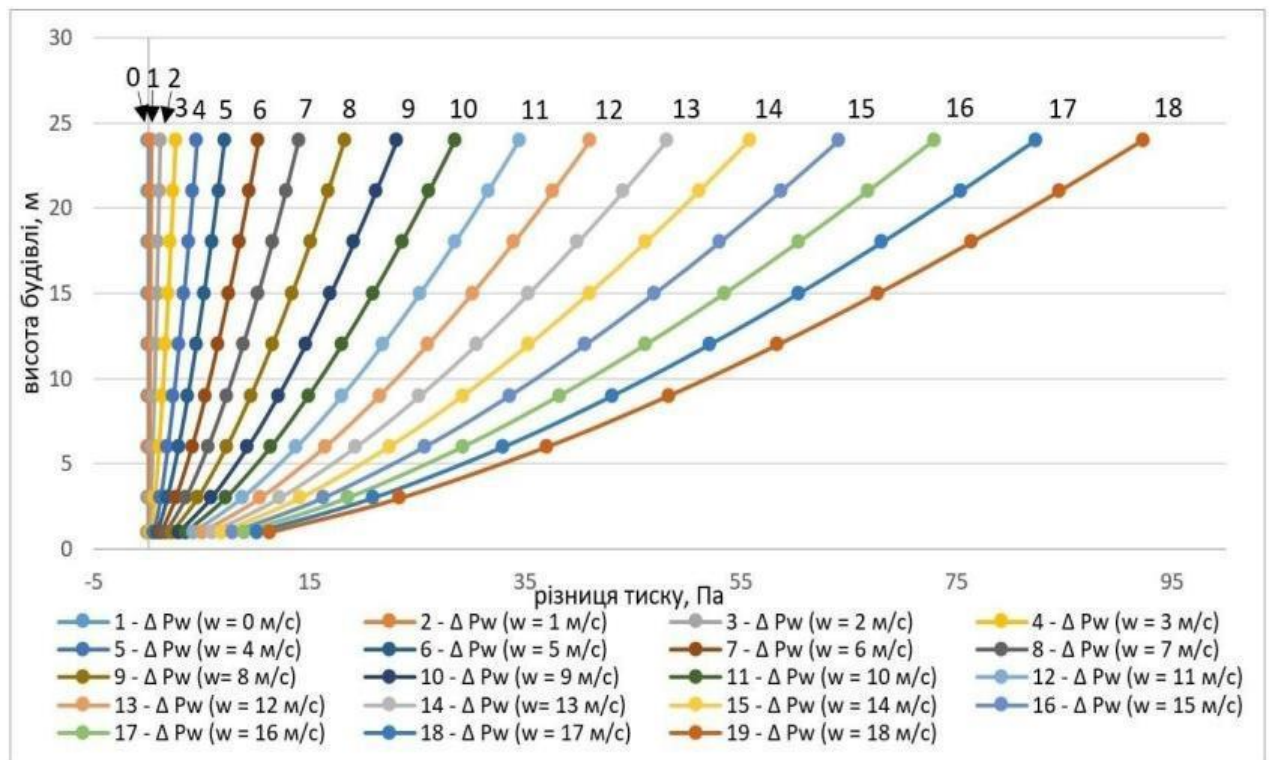
На рис. 2.7-2.8 наведено графіки профілів зміни тисків від вітру на північну та південну сторони, в залежності від зміни швидкості вітру для типових напрямків.

Температура зовнішнього повітря у дні, обрані для аналізування

становить 3°C.

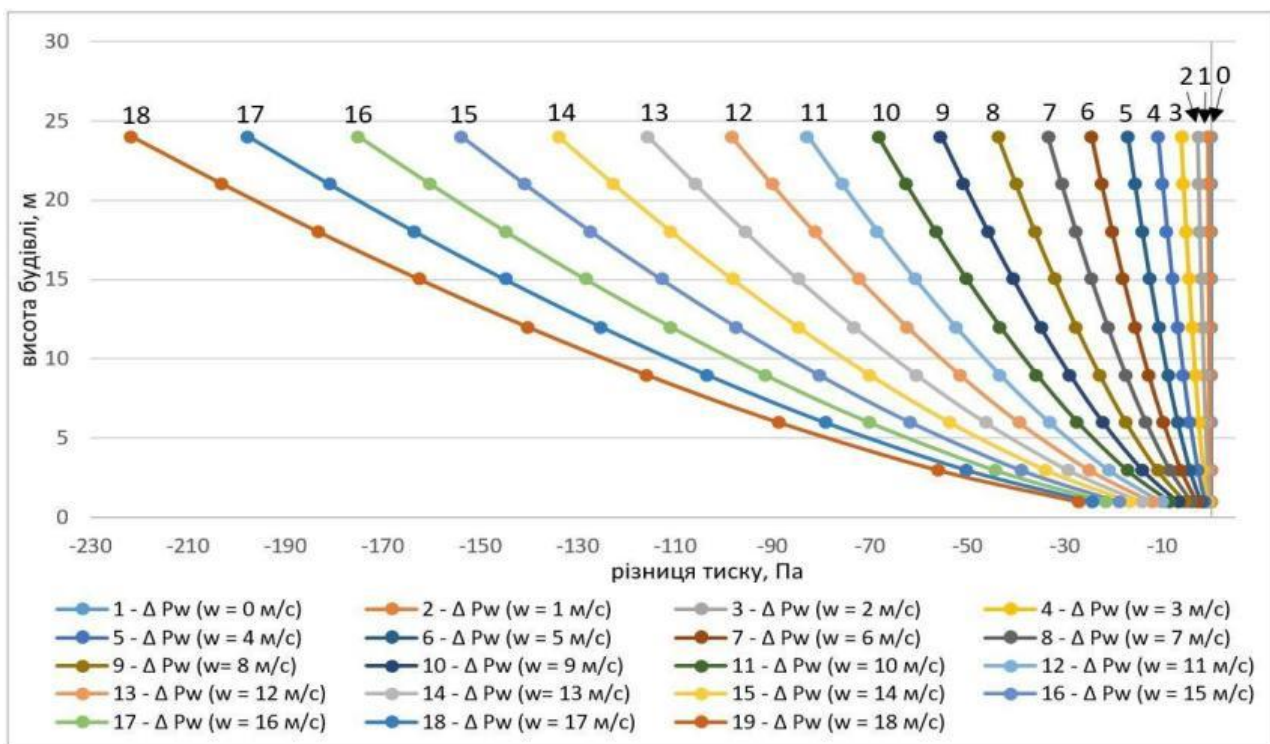


а)

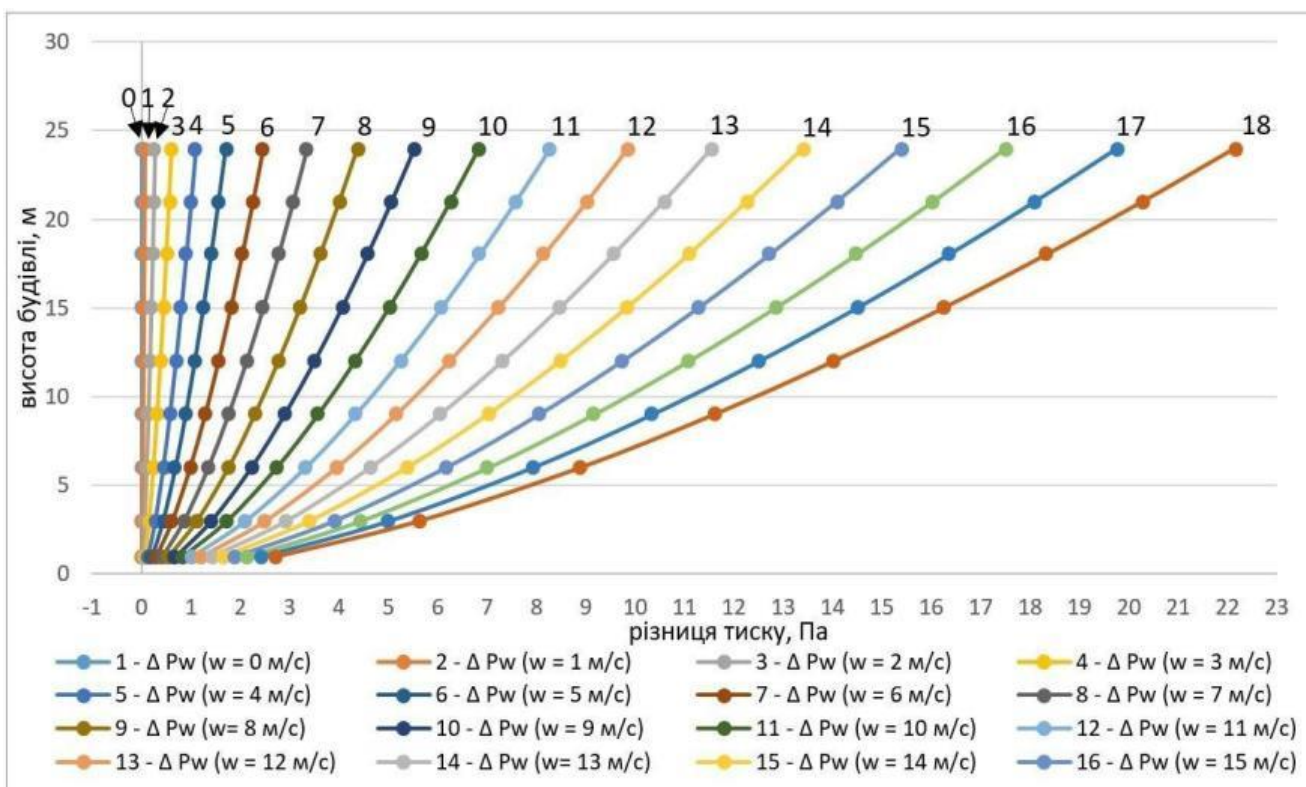


б)

Рис. 2.7. Графік зміни тиску від вітру в залежності від варіювання швидкості вітру для північного напрямку вітру на південній (а) та північній (б)



а)



б)

Рис.2.8. Графік зміни тиску від вітру в залежності від варіювання швидкості вітру для північно-західного напрямку вітру на південній (а) та північній (б) сторонах

Для досліджень будівель I температурної зони було обрано два найбільш характерні напрямки вітру: північний (див. рис.2.7) та північно-західний (див. рис.2.8).

Швидкість вітру понад 8 м/с характерна переважно для північно-західного напрямку. З графіків на рис.2.7-2.8 видно, що зростає різниця тиску вітру зі збільшенням швидкості вітру.

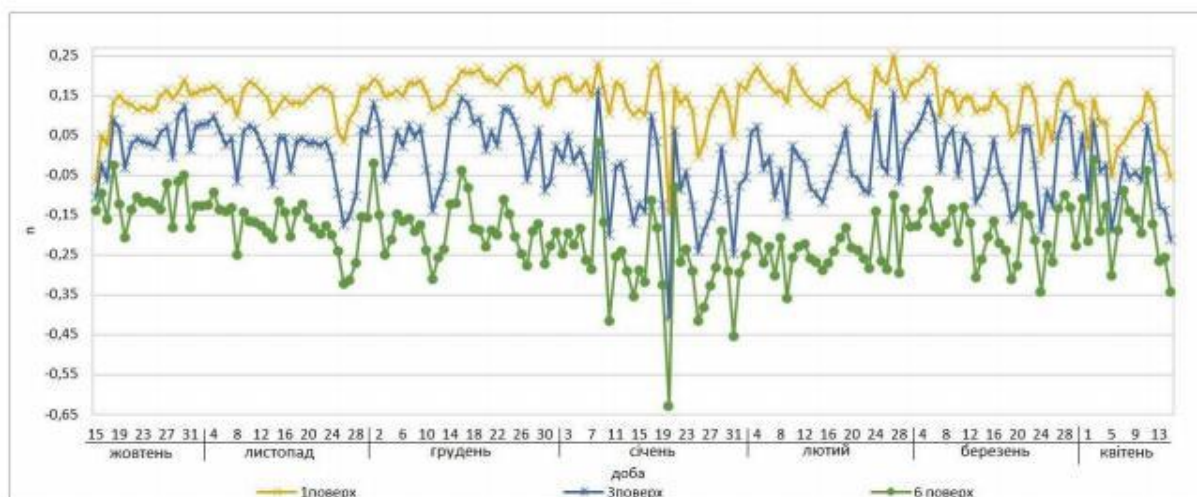
Оскільки примусова вентиляція в будівлі відсутня, загальний тиск визначаємо як суму різниці тисків від ефекту стека та вітряного ефекту.

Розрахунок кратності повітрообміну виконано відповідно до [20-22] з використанням погодинних даних кліматичного файлу IWEC типового року для будівель м. Кропивницький [6]. Погодинні результати усереднені до добових значень та наведені на рис.2.9 для характерних приміщень на 1, 3 та 6 поверхах будівлі для північної та південної сторін.

Цікавим є те, що для першого поверху характерніше явище інфільтрації (надходження свіжого повітря крізь нещільності у світлопрозорих конструкціях), посередині будівлі - на третьому поверсі для всіх місць кратність середньому близька до нуля, що обумовлене наявністю стек-ефекту, на шостому поверсі спостерігається ексфільтрація, що підтверджується від'ємними значеннями кратності повітрообміну. Отже, для першого поверху характерним є підсмоктування повітря, а на шостому - викидання.

Рис. 2.8-2.9 ілюструють змінний характер значення кратності повітрообміну, це обумовлено динамічною зміною температури, швидкості на напрямку вітру у навколишньому середовищі.

Наприклад, 21.01 значення кратності повітрообміну в приміщеннях південної сторони 6 поверху становила $0,8 \text{ год}^{-1}$, що пояснюється середньою швидкістю вітру за день 10,3 м/с та західним напрямком вітру. А відносно стабільна кратність повітрообміну в листопаді $0,13 - (-0,17) \text{ год}^{-1}$ пояснюється незначними коливаннями температури та швидкості вітру впродовж місяця, а також переважаючими східним та західним напрямками вітру.



а)

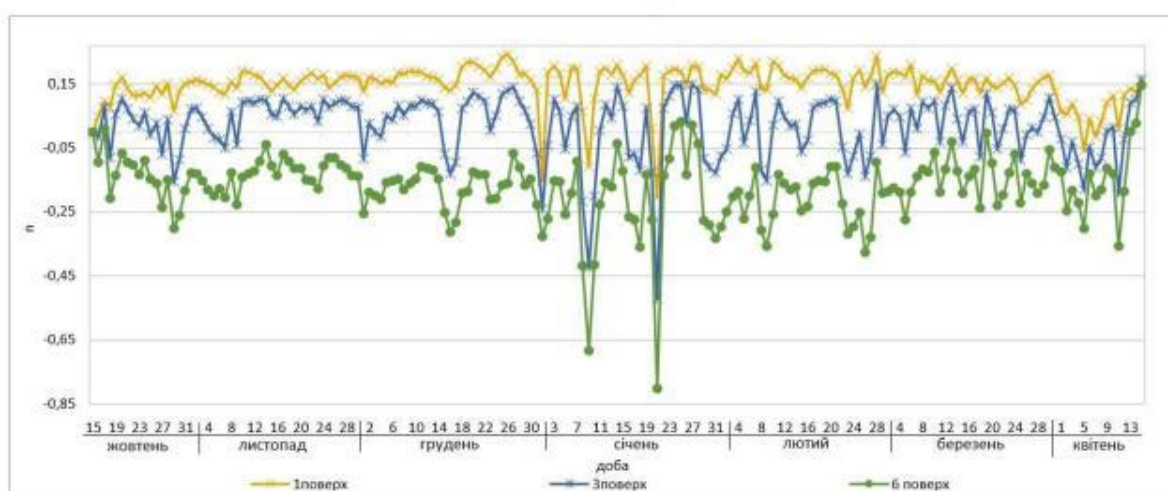


Рис.2. 9. Графік зміни кратності повітрообміну за опалювальний період для північної (а) та південної (б) сторін

2.3. Визначення енергопотреби будівлі з використанням сіткового методу

Використання динамічних моделей розрахунку енергопотреби дозволяє детальніше проаналізувати енергетичні характеристики.

Розглянемо підхід, запропонований у закордонному стандарті [29], котрий ґрунтується на спрощеному погодинному методі розрахунку енергопотреби. У методиці стандарту [29] запропонована сіткова модель, що дозволяє реалізувати модель у спрощеному погодинному методі. На рис.2.10

наведено спрощену схему реалізації методу [28].

Енергопотребу на опалення визначають, виходячи із значення потужності опалення чи охолодження для кожної години, що повинна бути надана до або відібрана з вузла температури внутрішнього повітря з метою підтримування певної мінімальної або максимальної заданої температури.

Очевидно, що кратність повітрообміну один з найвпливовіших параметрів і в розрахунках приймаємо її нормативне значення (наприклад, для навчальних закладів $n=1$) [28].

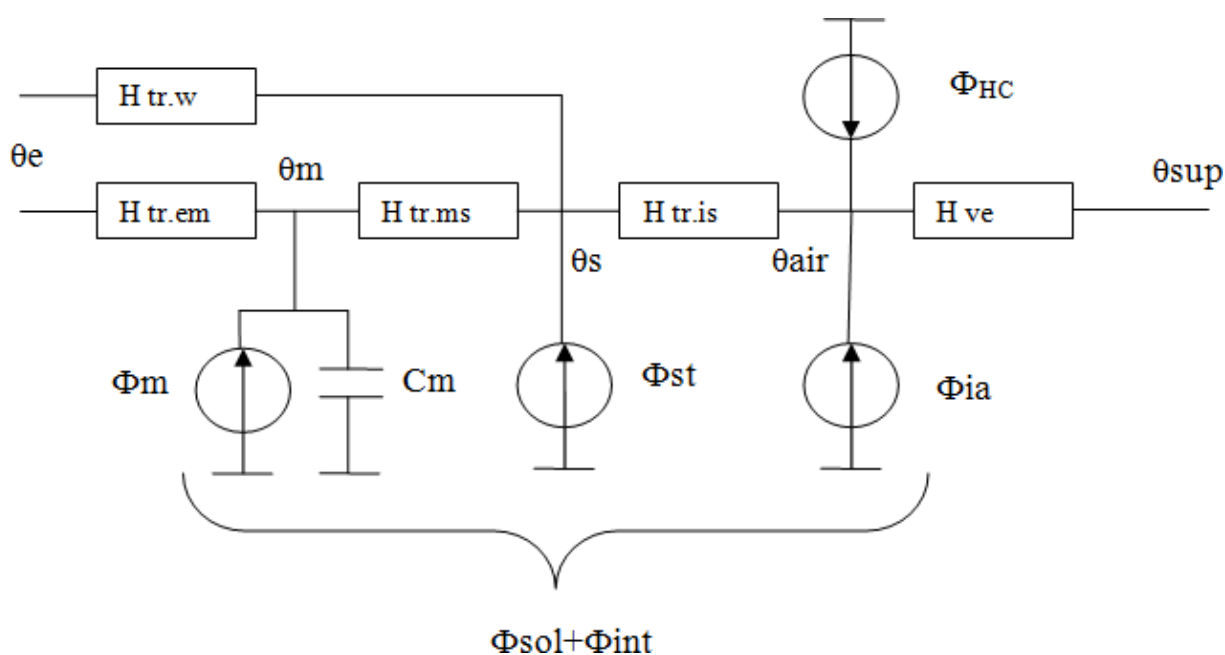
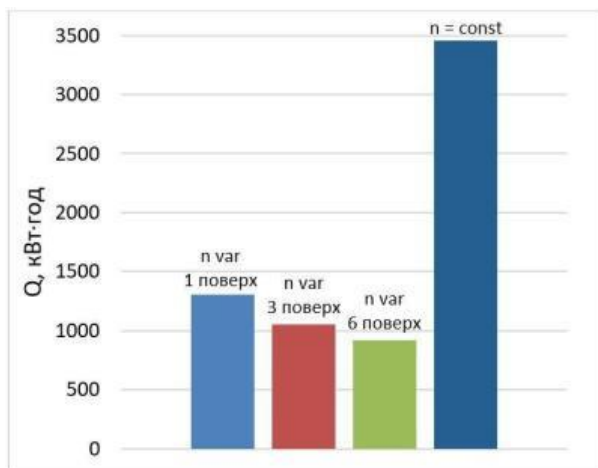


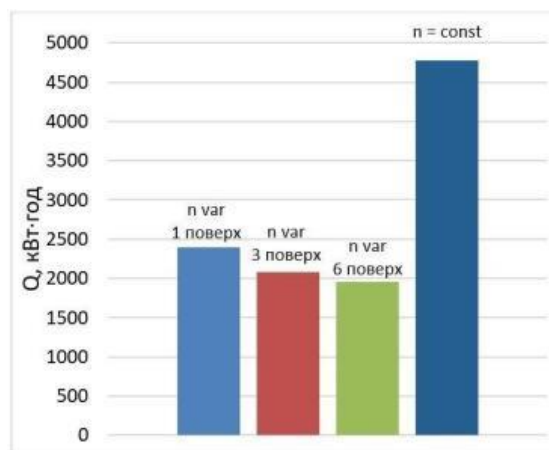
Рис.2.10. Сіткова модель

Розрахункові дані дозволили оцінити значення кратності повітрообміну, яка для розглянутого опору повітропроникності світлопрозорих конструкцій значно менша нормативної, що безумовно впливає на енергопотребу приміщення в цілому. На рис.2.11 наведено показники річної енергопотреби досліджуваних приміщень, що розташовані на різних поверхах та сторонах будівлі. За базовий рівень обрано значення енергопотреби, визначеної для нормативної кратності повітрообміну. Різниця між базовим рівнем для $n=const$ і розрахунковими даними, де $n=var$ значна, наприклад, значення енергопотреби

приміщення з південною орієнтацією на першому поверсі на 62,2 % менша від базового рівня, на третьому на 69,5%, на шостому на 73,41%, для кімнат орієнтованих на північ на першому поверсі на 49,9%, на третьому на 56,5%, на шостому на 59,0%.



а)



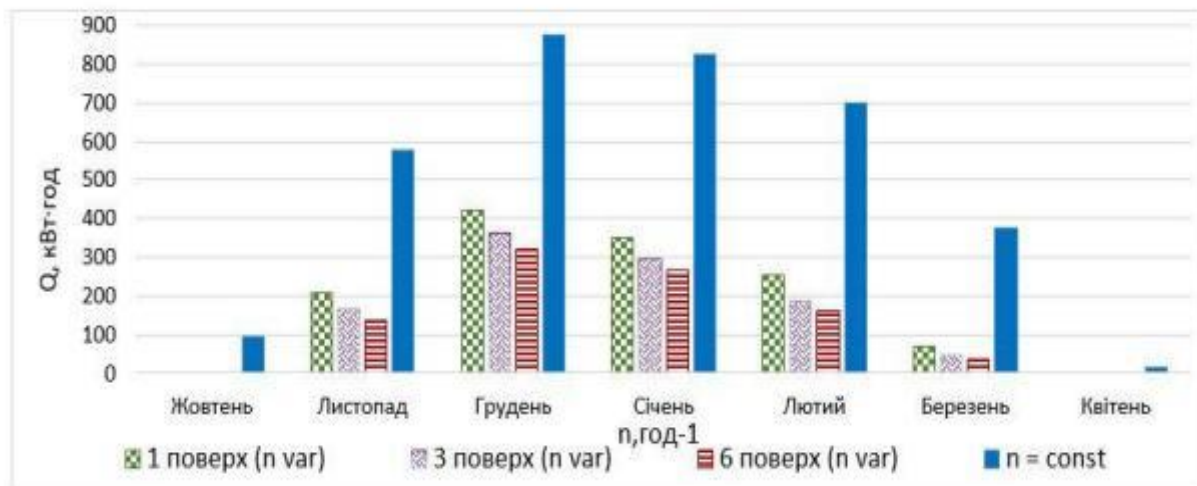
б)

Рис.2.11. Значення річної енергопотребы приміщень за сторонами світу: південна сторона (а) та північною сторона (б)

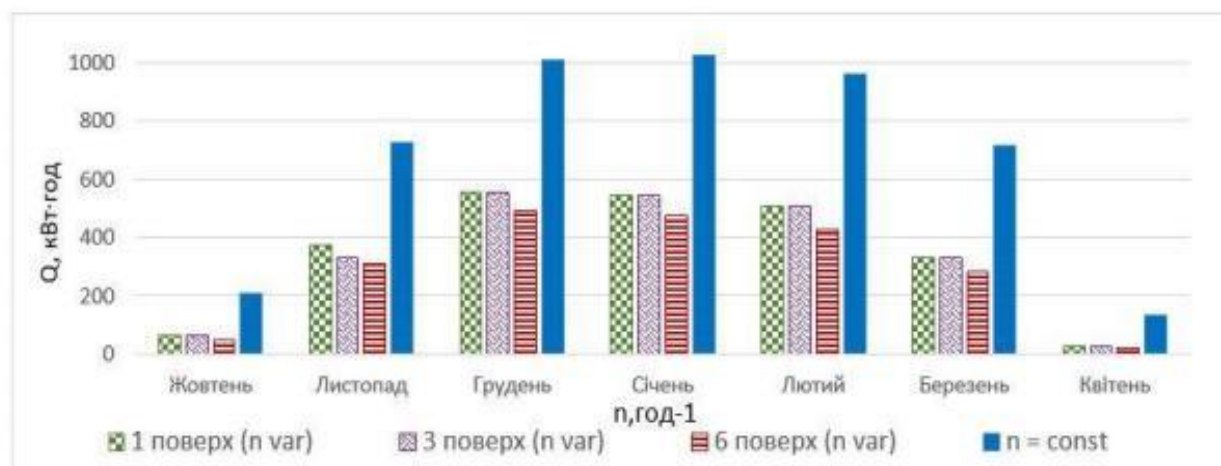
Під час моделювання використовувались дані зовнішньої температури та сонячних теплонадходжень в зону кімнати відповідно до [31].

На рис.2.12 наведено значення помісячної енергопотребы характерних приміщень для випадків $n=const$ та $n=var$, розраховане на основі узагальненої методики [31]. Рис.2.12 ілюструє таку закономірність: для фактичного рівня природного повітрообміну для обраного типу вікон, система опалення може бути відімкнена в періоди міжсезоння (наприклад, жовтень та квітень).

Енергопотреба для випадку $n=const$ обрана за базовий рівень і розмір заощадження енергоносіїв визначається відповідно до нього у разі впровадження енергоощадних заходів. Однак, по факту, за інфільтрації (нещільностей у віконних конструкціях), надходження свіжого повітря в зону приміщення значно зменшуються, а відповідно зменшується і значення енергопотребы будівлі.

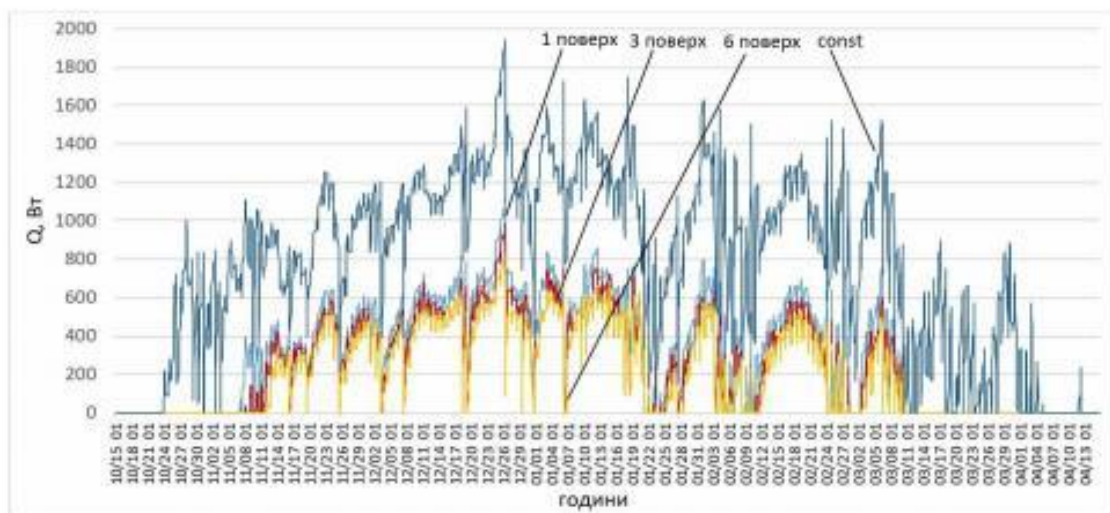


а)



б)

Рис.2.12. Помісячно значення енергопотребы репрезентативних приміщень південної (а) та північної (б) орієнтацій



а)



б)

На рис.2.13 наведено погодинне навантаження на систему опалення для нормативного значення кратності повітрообміну та розрахункового.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

3.1. Опис вимірювального комплексу для контролю параметрів мікроклімату

Для контролю параметрів мікроклімату приміщень класів навчальних закладів використано лабораторний комплекс. До складу якого входять давачі температури, відносної вологості та концентрації вуглекислого газу. Крім того до складу комплексу вимірювання входять: контролер, блок живлення та інші додаткові елементи.

Вимірювальний комплекс встановлюють у зоні, недосяжній для дітей, тобто на висоті 1,5 – 1,6 метри від підлоги.

Контролю підлягають наступні параметри мікроклімату приміщень школи: температура (t_{θ}), відносна вологість (φ_{θ}), концентрація вуглекислого газу (C_{co2}). Вимірювання виконувались безперервно впродовж доби (під час проведення уроків та в нічні години).

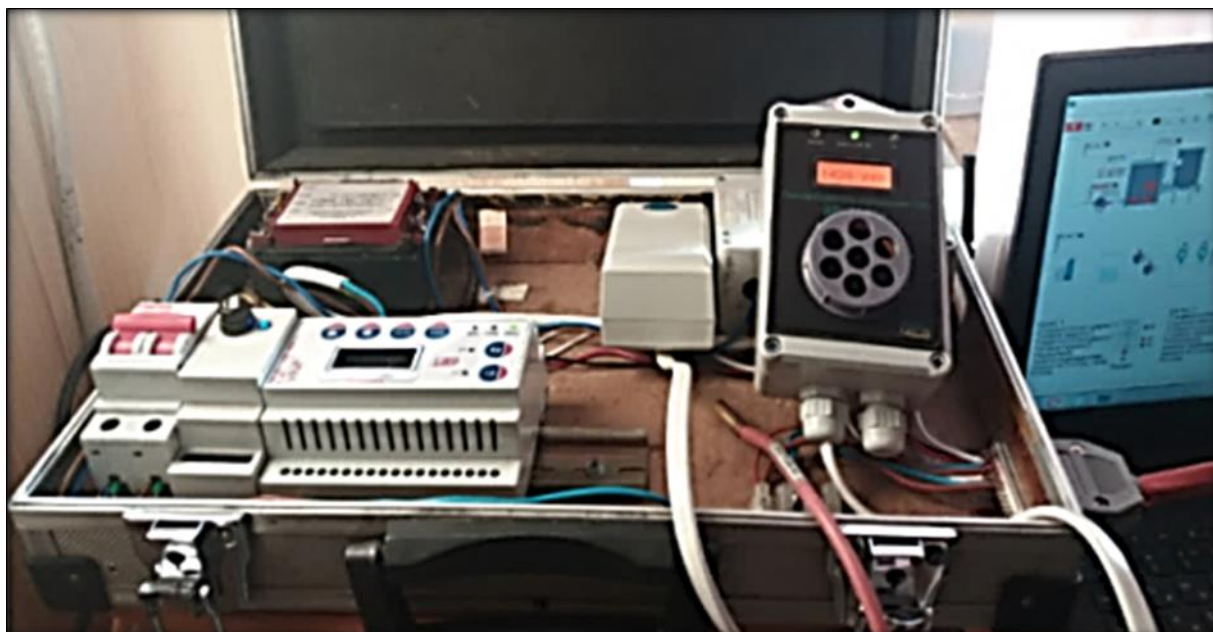


Рис. 3.1. Зовнішній вигляд вимірювального комплексу для контролю параметрів мікроклімату

3.2. Методика експериментальних досліджень параметрів мікроклімату

Моніторинг параметрів мікроклімату приміщень класів однієї зі шкіл м. Кропивницький проводився безперервно впродовж 4-х діб з 14 год 20 хв 1 квітня 2019 року до 11 год 00 хв 5 квітня 2019 року.

Виконувався контроль наступних параметрів мікроклімату: температури (t_{θ}), відносної вологості (φ_{θ}) та концентрації вуглекислого газу (C_{co2}).

Вимірювання виконувались у приміщеннях 3-х класів школи:

- приміщення 1А класу – точка вимірювань т.1;
- приміщення 1Г класу – точка вимірювань т.2;
- приміщення 4Б класу – точка вимірювань т.3.

Вибір приміщень для вимірювань здійснювався за принципом можливості встановлення вимірювальних приладів в зоні повного постійного контролю вчителя.

Приміщення класів, в яких здійснювався контроль параметрів мікроклімату, розміщуються на 2-му та 3-му поверхах будівлі школи. На рис. 3.2 наведено приклад розміщення приладів вимірювання у приміщенні школи.



Рис. 3.2. Місце встановлення приладів вимірювання у приміщенні школи

Вимірювання параметрів мікроклімату у приміщенні 1А класу (т.1) проводились впродовж 2-х діб. Вимірювання у приміщеннях класів 1Г (т.2) та 4Б (т.3) виконувались впродовж однієї доби.

Особливий вплив на параметри мікроклімату приміщень громадських будівель чинять наступні фактори:

- функціонування систем опалення та вентиляції;
- кількість людей, що перебувають у приміщенні;
- параметри зовнішнього повітря;
- режим здійснення діяльності людей у приміщеннях;
- режим провітрювання приміщень (відкривання вікон).

До головних особливостей проведеного циклу вимірювань параметрів мікроклімату у приміщеннях класів є:

- вимірювання виконують у перехідний період року (останні дні опалювального періоду), коли температура зовнішнього повітря достатньо висока, а система опалення функціонує в режимі «перегріву»;

- системи вентиляції у приміщеннях класів не функціонують (витяжні решітки, які є майже у всіх приміщеннях школи, закриті шпалерами; виключення становить приміщення 1Г класу, де наявні витяжні решітки (якість функціонування вентиляції невідома);

- у всіх класах впродовж доби відчинені 1-2 вікна (в режимі провітрювання);

- під час уроків та перерв відкривались додаткові вікна (в режимі провітрювання);

- повне відкриття вікон у приміщеннях класів не спостерігалось.

Параметри зовнішнього повітря, що відповідають періоду проведення випробувань відповідно до даних [4], подано в табл.3.1.

Діти та вчителі, що знаходились у приміщеннях, є основним джерелом забруднення повітря. Концентрація CO₂ є основним індикатором, за рівнем якого можна визначити ступінь чистоти повітря приміщень.

Табл.3.1. Параметри зовнішнього повітря під час проведення замірів

Період	02.04.2019		03.04.2019		04.04.2019		05.04.2019	
добы	$t, ^\circ C$	$\varphi, \%$	$t, ^\circ C$	$\varphi, \%$	$t, ^\circ C$	$\varphi, \%$	$t, ^\circ C$	$\varphi, \%$
06-00	1,3	49	1,0	61	0,2	54	-0,4	84
09-00	2,7	52	3,4	52	2,6	59	5,3	63
12-00	5,8	38	7,6	26	8,2	47	10,8	25
15-00	8,4	30	9,0	20	9,7	59	12,4	26

Нормативні значення мікрокліматичних умов для холодного періоду року наведено у табл. 3.2.

Табл.3.1. Нормативні значення мікрокліматичних умов для холодного періоду року

№ з/п	Найменування параметру	Допустимі	Оптимальні	Підвищені оптимальні
1	Температура, $^\circ C$	19 - 25	20 – 24	21 - 23
2	Відносна вологість, %	20 - 70	25 - 60	30 - 50
3	Концентрація CO_2 , ppm	$600+(600-1000) = 1200 - 1600$	$600+(400-600) = 1000 - 1200$	$600+400 = 1000$

3.3. Оцінювання результатів експериментальних досліджень параметрів мікроклімату

Для ДНЗ згідно діючих в Україні нормативів застосовують підвищені оптимальні параметри мікроклімату: концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі повинна становити 550-580 ppm [1].

Загальна картина змін параметрів мікроклімату у приміщеннях класів школи у період проведення вимірювань приведена на рис.3.3.

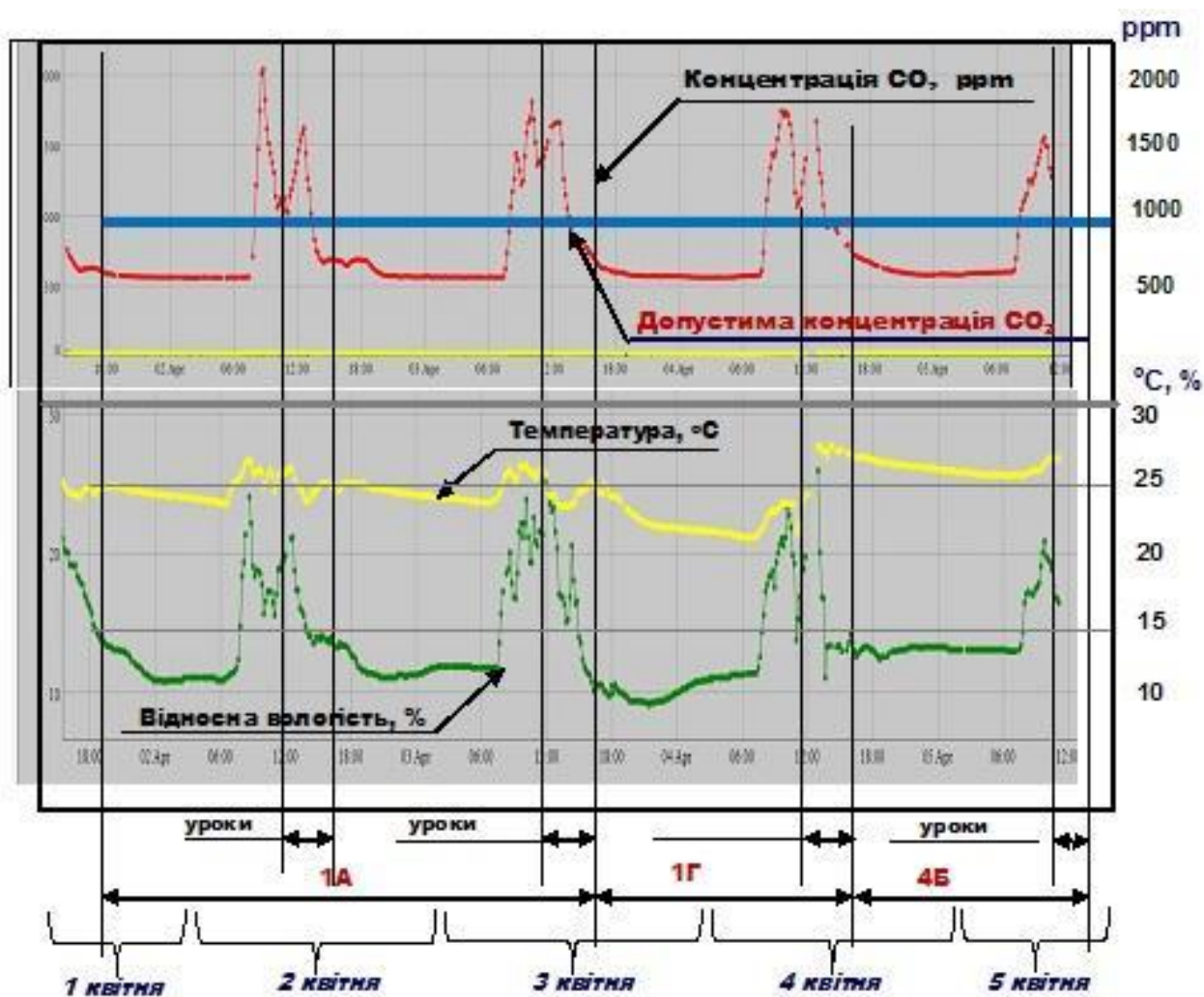


Рис. 3.3. Графік зміни параметрів мікроклімату у приміщеннях класів з 01.04.2019 року по 05.04.2019 року

Значення нормативної чисельності учнів класів визначено за нормативною площею на 1 учня, яка згідно вимог ДБН В.2.2-3:2018 [3] становить 2,4 м² на 1 учня.

На рис. 3.4 - 3.6 наведені плани приміщень класу 1А (т. 1), класу 1Г (т. 2), класу 4Б (т. 3).

Для приміщення 1А (рис.3.4) характерні наступні параметри:

1. Площа класу становить: $5,91 \times 10,07 = 59,5$ м².
2. Нормативна кількість учнів у класі:

$$n_{\text{норм}} = 59,5 / 2,4 = 25 \text{ учнів.}$$

3. Фактична кількість дітей під час виконання контрольних вимірювань:

$$n_{\text{факт}} = 30 \text{ учнів.}$$

4. Кількість учнів за списком: $n_{\text{спис}} = 34$ учнів.



Рис. 3.4. План приміщення 1А класу (т. 1 вимірювань)

Для приміщення 1Г (рис.3.5) характерні наступні параметри:

1. Площа класу становить: $7,13 \times 8,74 = 62,3 \text{ м}^2$.

2. Нормативна кількість учнів у класі:

$$n_{\text{норм}} = 62,3 / 2,4 = 26 \text{ учнів.}$$

3. Фактична кількість дітей під час виконання контрольних вимірювань:

$$n_{\text{факт}} = 30 \text{ учнів.}$$

4. Кількість учнів за списком: $n_{\text{спис}} = 30$ учнів.



Рис. 3.5. План приміщення 1Г класу (т. 2 вимірювань)

Для приміщення 4Б (рис.3.6) характерні наступні параметри:

1. Площа класу становить: $6,9 \times 8,71 = 60,1 \text{ м}^2$.

2. Нормативна кількість учнів у класі:

$$n_{\text{норм}} = 60,1 / 2,4 = 25 \text{ учнів.}$$

3. Фактична кількість дітей під час виконання контрольних вимірювань:

$$n_{\text{факт}} = 28 \text{ учнів.}$$

4. Кількість учнів за списком: $n_{\text{спис}} = 28$ учнів.



Рис. 3.6. План приміщення 4Б класу (т. 3 вимірювань)

Під час виконання досліджень заповненість класів перевищувала норматив на 15-20 %.

Аналізування стану повітря приміщень класів, умов комфорту, можливості випадання конденсату на поверхнях огорожень виконують із використанням *I-d* діаграми вологого повітря. На рис.3.7 наведено *I-d* діаграми вологого повітря з нанесенням зон нормативних параметрів мікроклімату (температура та відносна вологість) для громадських будівель.

Для розуміння графіків зміни параметрів мікроклімату приміщень наведемо розклад уроків школи, для якої виконувались дослідження (табл. 3.2.)

З метою аналізу фактичного стану мікрокліматичних параметрів та якості повітря у приміщеннях класів, а також відповідності фактичного стану нормативам виконаємо детальніше аналізування результатів моніторингу для кожного приміщення, що досліджувалось.

1А клас (т.1 вимірювань)

Приміщення класу розміщені на другому поверсі будівлі школи. Стіни класу орієнтовані на схід та на південь. У класі 4 вікна – склопакети, що орієнтовані на схід. Три вікна мають можливість відкриватись на частині своєї площі. Відкривання вікон здійснюється в режимі провітрювання. Площа вікон, що відкривається, не досліджувалась. В нічний час постійно було відкрите одне вікно. Під час уроків – постійно були відкриті 2 вікна.

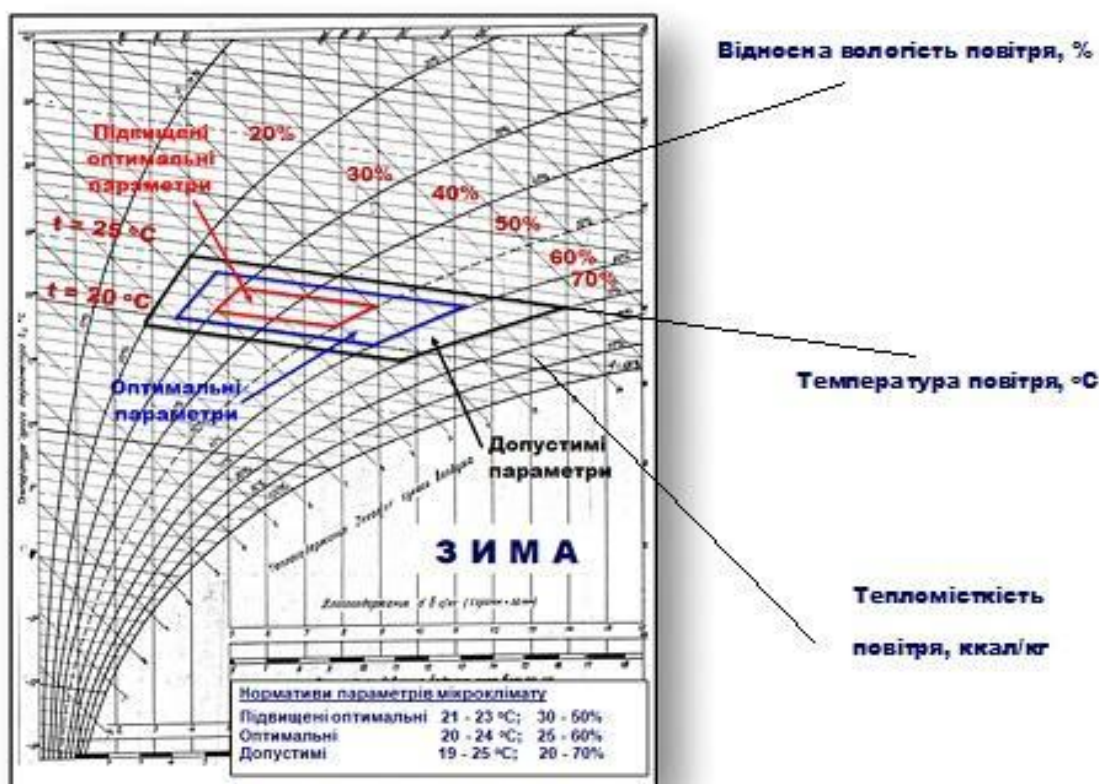


Рис.3.7. *I-d* діаграми вологого повітря з нанесенням зон нормативної температури та відносної вологості для громадських будівель

Таблиця 3.2. Розклад уроків школи

Номер уроку	Початок уроку (час)	Закінчення уроку (час)
1 урок	8-00	8-45
2 урок	8-55	9-40
3 урок	10-00	10-45
4 урок	11-05	11-50
5 урок	12-00	12-45

Фактична кількість дітей у класі під час проведення моніторингу перевищує нормативну наповнюваність на 20 %, а спискова кількість учнів на 35 %.

Безперервні заміри температури, відносної вологості та концентрації CO₂ проводились в автоматичному режимі з інтервалом 10 хвилин з 14 год 20 хв 1 квітня до 12 год 00 хв 3 квітня. Після закінчення канікул заняття у школі

починались 2 квітня, тому розгляд результатів замірів починаємо з 7 год 50 хвилин 2 квітня.

У період проведення замірів параметрів мікроклімату 2-го та 3-го квітня на уроках було 30 дітей. Але 2-го квітня на 2-му та 3-му уроках (з 8-55 до 10-45) у класі проводились заняття для 15 учнів (заняття по групам). 3-го квітня на 3-му уроці (з 10-00 до 10-45) всі учні у класі були відсутні – урок фізкультури.

На рис.3.8 наведено графік фактичних мікрокліматичних параметрів приміщення 1А класу (т. 1 вимірювань).

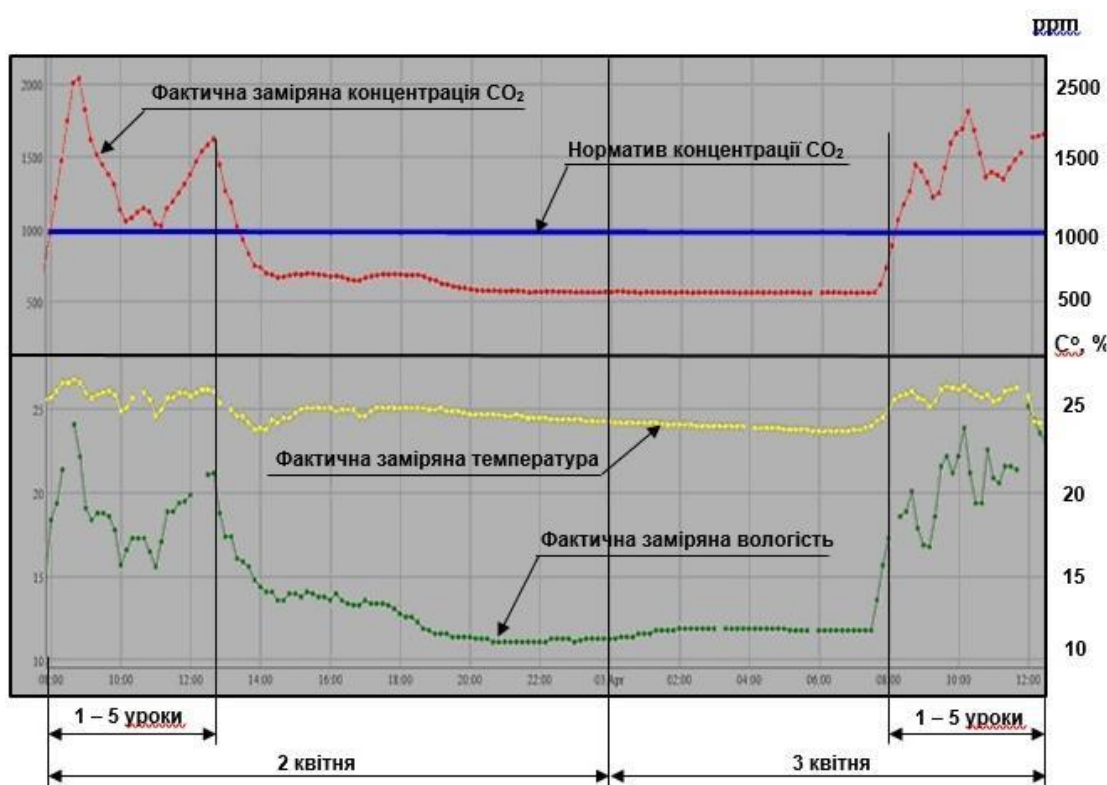


Рис.3.8. Графік фактичних мікрокліматичних параметрів приміщення 1А класу (т. 1 вимірювань)

Виконаємо аналіз забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог у приміщеннях 1А класу:

- температура у приміщенні класу під час уроків та в нічний час суттєво перевищує норму. За значень нормативу 21-23°C температура у класі в період проведення контролю становила 24-27 °C;
- відносна вологість у приміщеннях нижче норми. За значень нормативу 30 – 50 % фактична вологість повітря під час проведення уроків становила 17-

25 %;

- Концентрація CO₂ під час проведення уроків перевищує значення нормативу на 40-50% незважаючи на те, що вікна були відкриті (у режимі провітрювання), а в класі значний період часу була не повна кількість дітей, або вони взагалі були відсутні. Перевищення концентрації вуглекислого газу є результатом неробочого стану систем вентиляції.

1Г клас (т.2 вимірювань)

Приміщення класу знаходиться на 3-му поверсі будівлі школи. Зовнішні стіни і вікна орієнтовані на захід. У класі 3 вікна-склопакети. Під час уроків у класі відкриті в режимі провітрювання одне або два вікна.

Приміщення класу має 4 витяжні решітки, які не закриті шпалерами.

Фактична кількість дітей під час вимірювань та кількість дітей за списком на 15% перевищує нормативну кількість.

Безперервні вимірювання температури, відносної вологості та концентрації CO₂ виконувались в автоматичному режимі з інтервалом 10 хвилин з 13 год 00 хв 3 квітня до 12 год 00 хв 4 квітня.

В період проведення вимірювань параметрів мікроклімату 4 квітня на уроках було 30 дітей. Але на 3-му уроці (з 10-00) всі учні у класі були відсутні – урок фізкультури.

На рис.3.9 наведено графік фактичних мікрокліматичних параметрів приміщення 1Г класу (т. 2 вимірювань).

Виконаємо аналіз забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог у приміщеннях 1Г класу:

- температура у приміщенні класу під час уроків та в нічний час перевищують норму. За значень нормативу 21-23°C температура у класі в період проведення контролю становила 23-25 °C;

- відносна вологість у приміщеннях нижче норми. За значень нормативу 30 – 50 % фактична вологість повітря під час проведення уроків становить близько 20 %.

- концентрація CO₂ під час проведення уроків, за наявності дітей у класі, перевищує норматив на 40-50% незважаючи на те, що вікна були відкриті у режимі провітрювання.

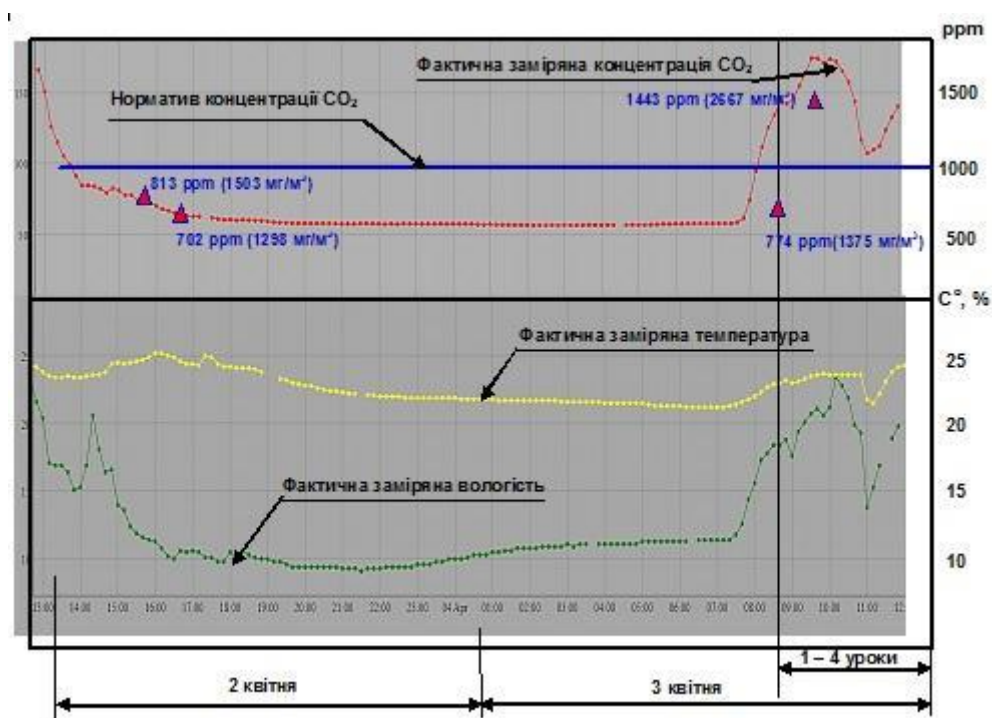


Рис.3.9. Графік фактичних мікрокліматичних параметрів приміщення 1Г класу (т. 2 вимірювань)

Визначимо розрахунковим шляхом повітрообмін у приміщенні 1Г класу за умов відсутності у класі дітей.

Концентрація вуглекислого газу у повітрі приміщення класу після закінчення уроків (рис.3.9) о 15 год 00 хв становила 813 ppm або 1503 мг/м³, а о 16 год 00 хв відповідно 702 ppm або 1298 мг/м³.

Об'єм класу становить $62,3 \times 3 = 187 \text{ м}^3$.

Концентрація вуглекислого газу у класі за 1 годину за умови одного відкритого вікна зменшилась із 1503 мг/м³ до 1298 мг/м³.

Повітрообмін приміщення групи можна оцінити за наступною формулою:

$$L = \frac{(1503 - 1298) \cdot 187}{1400,5 - 1035} = \frac{38335}{365,5} = 105 \text{ м}^3/\text{Год}$$

де $1400,5 = (1503+1298)/2$ – середня концентрація CO_2 у приміщенні за 1 год, мг/м^3 ;

1035 мг/м^3 (560 ppm) – концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі.

Кратність повітрообміну у нічний час орієнтовно становить $K = 105/187 = 0,56$.

Виконаємо оцінювання повітрообміну у приміщенні класу під час уроків. Під час 1-го уроку (з 8 год 00 хв до 8 год 45 хв) у класі знаходилося 30 дітей і 1 вчителька – всього 31 людина.

Об'єм класу становить $62,3 \times 3 = 187 \text{ м}^3$.

Тривалість досліджень становить 0,75 години ($45/60 = 0,75$).

Концентрація вуглекислого газу за час досліджень зросла з 1375 до 2667 мг/м^3 .

Концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі становить 1035 мг/м^3 .

Кожна людина щогодини виділяє 18 літрів або 33000 мг вуглекислого газу.

Складемо рівняння та визначимо повітрообмін (L), що мав місце у приміщенні класу:

$$33000 \times 0,75 \times 31 = (2667 - 1375) \times 187 + L \times (2021 - 1035)$$

$$767250 = 241604 + L \times 986$$

$$L = 525646/986 = 533 \text{ м}^3 \text{ за } 0,75 \text{ години або } 533/0,75 = 710 \text{ м}^3/\text{год}$$

де $2021 = (1375+2667)/2$ – середня концентрація CO_2 у приміщенні за 45 хв, мг/м^3

Кратність повітрообміну на 1-му уроці орієнтовно становить $K = 710/187 = 3,8$.

Отримані вище результати оцінки повітрообміну під час проведення уроку виглядають нелогічними, кратність повітрообміну виглядає завищеною. Майже 4-х кратний повітрообмін у приміщенні з відкритими в режимі провітрювання 2-3 вікнами виглядає мало ймовірним.

В той же час повітрообмін у приміщенні 1Г класу, на відміну від інших

приміщень, що досліджувались, може бути вищим, через те, що у приміщенні класу збереглись витяжні вентиляційні решітки. Але, якщо повітрообмін достатньо високий, тоді логічно очікувати нижчу концентрацію CO_2 .

Можлива причина отримання некоректного результату криється у неоднорідності повітряних мас у приміщенні.

Можлива ситуація, за якої у місці встановлення приладів створилась відносно застійна зона. Вуглекислий газ, що виділяється дітьми, розчиняється у чистому повітрі та виноситься за межі приміщення через витяжні канали (витяжна решітка).

Для перевірки цього припущення приймемо, що концентрація CO_2 у приміщення становить не 2667 мг/м^3 , а 3500 мг/м^3 . Тоді розрахований повітрообмін становитиме $352 \text{ м}^3/\text{год}$ або $K=1,8$ крати.

Такий результат підтверджує зроблене припущення.

4Б клас (т.3 вимірювань)

Приміщення класу знаходиться на 3-му поверсі будівлі школи. Зовнішні стіни і вікна орієнтовані на захід та на південь. У класі 3 вікна-склопакети, мають південну орієнтацію. Під час уроків у класі відкриті (в режимі провітрювання) три вікна. Місце розташування вимірювальних приладів у приміщеннях класу наведено на рис.3.10.

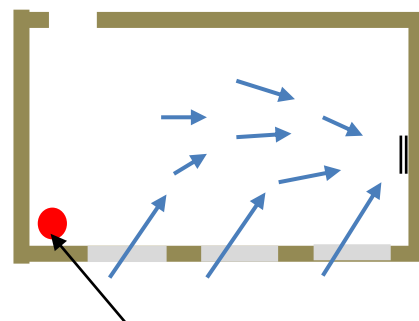


Рис.3.10. Місце розташування вимірювальних приладів у приміщеннях класу

Витяжні вентиляційні решітки у класі відсутні.

Фактична кількість дітей під час вимірювань та кількість дітей за списком на 12% перевищує нормативну кількість дітей.

Безперервні заміри температури, відносної вологості та концентрації CO₂ проводились в автоматичному режимі з інтервалом 10 хвилин з 13 год 00 хв 4квітня до 11 год 00 хв 5 квітня. На графіку розглядається період з 8 год 00 хв до 11 год 10хв 5 квітня

В період проведення вимірювань параметрів мікроклімату 4 квітня на уроках було 30 дітей. Але на 3-му уроці (з 10-00) всі учні у класі були відсутні – урок фізкультури.

На рис.3.11 наведено графік фактичних мікрокліматичних параметрів у приміщенні 4Б класу (т. 3).

Аналіз забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог у приміщенні 4Б класу (т.3) показав, що:

- температура у приміщенні класу впродовж 1 – 3 уроку вище норми і становить 26-27 °С. Недоцільно висока температура приміщення й у нічний час.
- відносна вологість у приміщенні у період проведення вимірювань значно нижче норми.

Впродовж перших 3-х уроків концентрація CO₂ перевищувала нормативне значення. Позитивні погодні умови та наявність 3-х відкритих вікон позитивно впливають на чистоту повітря. Досвід показує, що за аналогічних умов, але у разі від'ємних температур зовнішнього повітря може спостерігатись значно вищі показники рівня концентрації CO₂.

Проведений інструментальний контроль параметрів мікроклімату у частині приміщень класів однієї зі шкіл м.Кропивницький показав, що загальний стан забезпечення мікрокліматичних умов є незадовільним. Наявні відхилення від норми температурного режиму. Крім того, завищення температури є постійним, як впродовж дня, так і в нічний час. Неможливо спрогнозувати чи буде завищення температури у зимовий період, але у перехідний період це завищення суттєве.

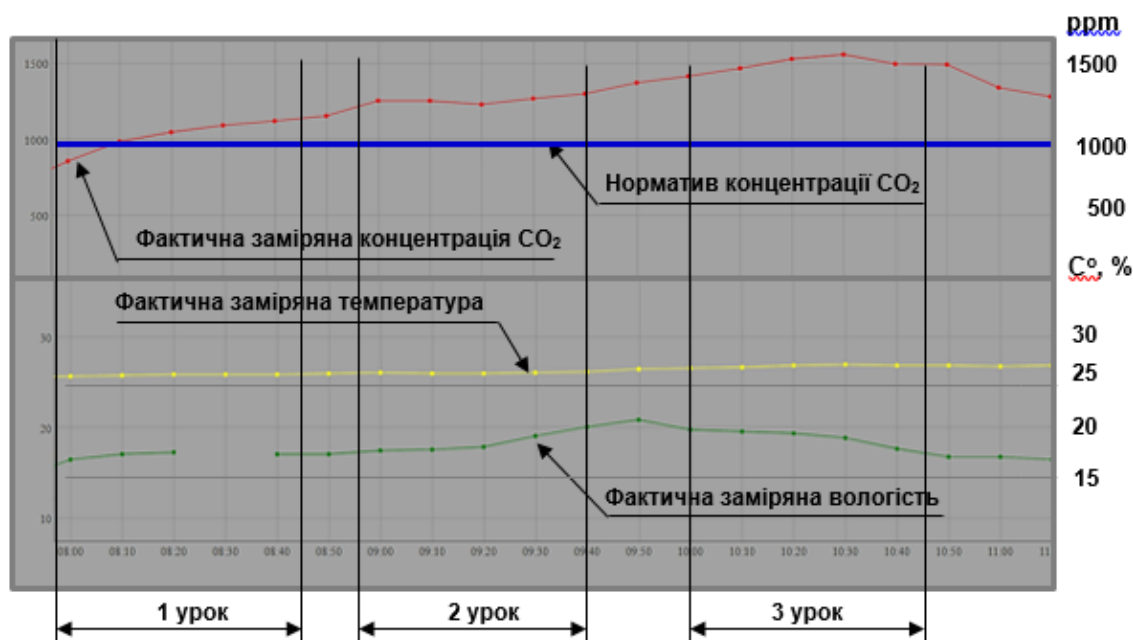


Рис.3.11.Значення фактичних мікрокліматичних параметрів у приміщенні 4Б класу (т. 3)

Відносна вологість у приміщеннях класів постійно нижче норми.

Вентиляційні системи у будівлі школи перебувають у неробочому стані. Тому у опалювальний період можна прогнозувати значне перевищення допустимих рівнів концентрації вуглекислого газу, Спираючись на досвід подібних досліджень концентрацій вуглекислого газу у зимовий період у типових українських школах можна прогнозувати, що концентрації CO₂ впродовж усіх уроків набуватимуть у 2,5 – 3 рази вищі значення, ніж нормативні.

РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ М.КРОПИВНИЦЬКИЙ

4.1. Дослідження параметрів мікроклімату приміщень ДНЗ

Моніторинг параметрів мікроклімату виконувався безперервно в період з 18 год 30 хв 25 березня 2019 року до 16 год 00 хв 29 березня 2019 року шляхом послідовного вимірювання параметрів мікроклімату в 4-х точках ДНЗ.

Вимірювальні прилади працювали впродовж однієї доби в кожній точці вимірювання. Точки вимірювань були обрані за принципом охоплення приміщень з дітьми різних вікових груп. Крім того, враховувались температурні режими, що склались у приміщеннях. Була обрана для моніторингу група з постійним «перегрівом» приміщення та група з постійним «недогрівом» приміщення.

На рис.4.1 наведена схема розміщення точок вимірювання.

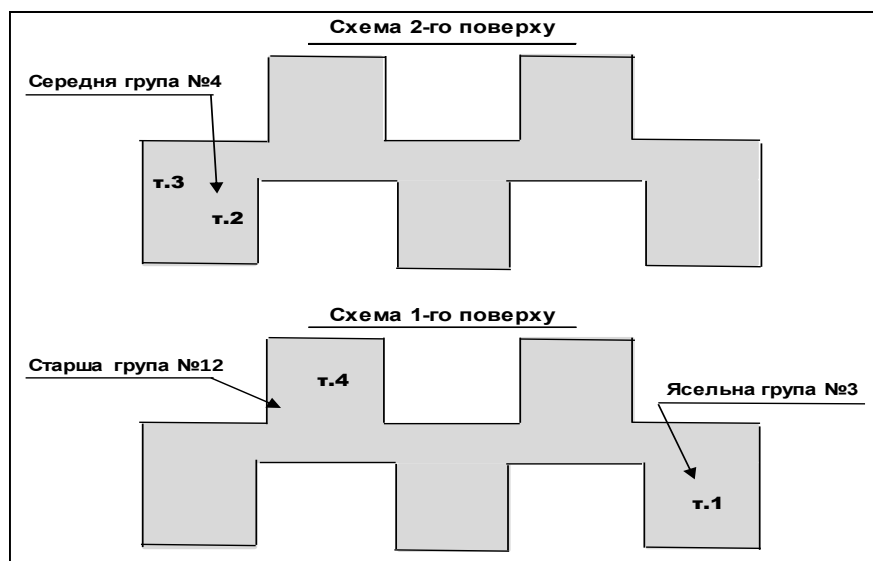


Рис.4.1. Схема розміщення точок вимірювання на плані 2-го поверху ДНЗ

Точка вимірювання № 1 (т. 1) розміщувалась у приміщенні ясельної групи №3. В цій групі об'єм ігрового простору сполучений з об'ємом спальні

(двері відсутні). Через особливості системи опалення у приміщеннях групи постійно температура перевищує норму.

Точка вимірювання № 2 (т. 2) розміщувалась у приміщенні ігрової для середньої групи №4. У цій групі ігрове приміщення та спальня розділені, але двері часто бувають відкриті. Через особливості системи опалення будівлі у приміщеннях групи температура постійно нижче норми. Досить часто доводиться користуватись додатковим нагріванням приміщення з використанням електричних нагрівачів.

Точка вимірювання № 3 (т. 3) розміщувалась у приміщенні спальні для середньої групи №4.

Точка вимірювання № 4 (т. 4) розміщувалась у приміщенні ігрової старшої групи №12 (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Зовнішній вигляд приміщення ігрової старшої групи №12

У кожній точці вимірювання моніторинг проводився впродовж однієї доби. Заміри проводились у автоматичному режимі з інтервалом 10 хвилин та із архівуванням показників та їх дистанційним спостереженням.

Загальна динаміка зміни параметрів мікроклімату у приміщеннях ДНЗ у період проведення вимірювань наведена на рис.4.3.

Контроль параметрів мікроклімату у приміщеннях ДНЗ здійснювався у перехідний період року, коли температура зовнішнього повітря коливається в межах від $-0,8^{\circ}\text{C}$ до $+11,2^{\circ}\text{C}$.

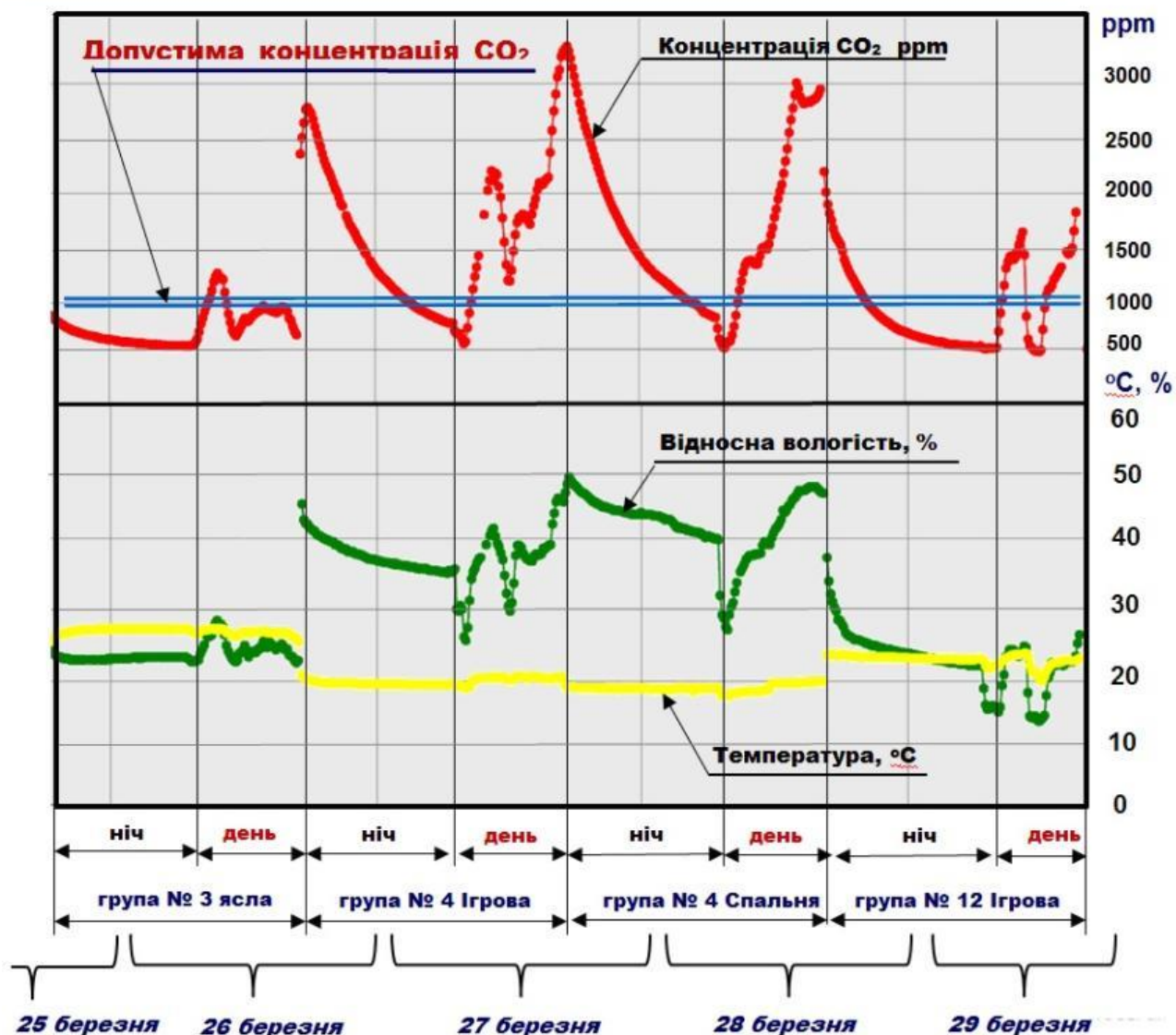


Рис.4.3. Динаміка зміни параметрів мікроклімату у приміщеннях ДНЗ

Графік температури зовнішнього повітря у період проведення досліджень наведено на рис. 4.4.

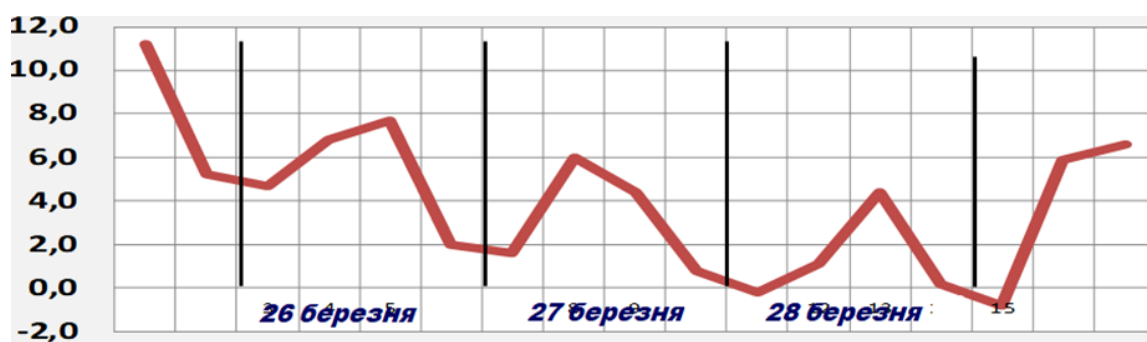


Рис.4.4. Графік температури зовнішнього повітря

Зміни температури зовнішнього повітря впливають на температуру внутрішнього повітря (автоматизація систем опалення відсутня) та на режим провітрювання приміщень.

Майже у всіх приміщеннях ДНЗ витяжні вентиляційні решітки закриті шпалерами, тому зовнішнє чисте повітря у приміщення потрапляє лише у разі періодичного відкриванні вікон (провітрювання). Чим нижча температура зовнішнього повітря, тим коротша тривалість провітрювання і, відповідно, вища концентрація CO₂ у приміщеннях

Параметри внутрішнього повітря значною мірою залежать від кількості людей, що перебувають у приміщенні. Пропорційно до кількості людей, що перебувають у приміщенні, залежить чистота внутрішнього повітря (наявність у повітрі вуглекислого газу та великої кількості хімічних речовин: окису вуглецю, ацетону, сірководню, альдегідів, фенолів, органічних кислот, а також, мікроорганізмів та бактерій, що є збудниками хвороб.

Концентрація CO₂ є індикатором чистоти повітря у приміщенні.

В табл. 4.1 наведені дані нормативних площ приміщень ДНЗ [3].

Табл.4.1. Значення нормативних площ приміщень ДНЗ на одну дитину [3]

№ з/п	Тип приміщення	Площа на 1 дитину (м ²)	
		ясельні групи	садові групи
1	Роздягальня	1,2	0,9
2	Ігрова	3,3	2,5
3	Спальня	2,4	2,5
4	Туалет	1,1	1
Всього		8,0	6,9

На рис. 4.5 - 4.7 наведені плани приміщень: ясельної групи №3 (т. 1), середньої групи №4 (т. 2 та т. 3) та старшої групи 12 (т.4).



Рис. 4.5. План приміщення ясельної групи №3 (т. 1 вимірювань)

Для приміщення ясельної групи №3 (рис.4.5) характерні наступні параметри:

1. Площа роздягальні становить: $5,31 \times 2,8 = 14,9 \text{ м}^2$.
2. Площа ігрової кімнати становить: $6,54 \times 5,31 = 34,7 \text{ м}^2$.
3. Площа спальні становить $5,31 \times 5,8 = 30,8 \text{ м}^2$.
4. Площа туалету становить $2,8 \times 3,2 = 9,0 \text{ м}^2$.
5. Загальна площа групи - $89,4 \text{ м}^2$.
6. Нормативна кількість дітей під час проведення досліджень:

$$n_{\text{норм}} = 89,4 / 8 = 11 \text{ дітей.}$$

7. Фактична кількість дітей під час проведення досліджень:

$$n_{\text{факт}} = 11 \text{ дітей.}$$



Рис. 4.6. План приміщення середньої групи № 4 (т. 2 вимірювань)

Для приміщення середньої групи №4 (рис.4.6) характерні наступні параметри:

1. Площа ігрової кімнати становить $5,30 \times 8,55 = 45,3 \text{ м}^2$.
2. Площа спальної кімнати становить $5,30 \times 8,97 = 47,7 \text{ м}^2$.
3. Нормативна кількість дітей під час виконання досліджень:

$$n_{\text{норм}} = 45,3 / 2,5 = 18 \text{ дітей.}$$

$$n_{\text{норм}} = 47,7 / 2,5 = 19 \text{ дітей.}$$

4. Фактична кількість дітей під час контролю:

$$n_{\text{факт}} = 20 \text{ дітей.}$$

Характерною загальною особливістю для всіх приміщень ДНЗ є відсутність можливості функціонування вентиляційних систем природної витяжки. Всі витяжні вентиляційні решітки у приміщеннях закриті шпалерами.

Іншим фактором, що суттєво погіршує повітрообмін у приміщеннях, є наявність герметичних віконних склопакетів, що виключають потрапляння у приміщення свіжого зовнішнього повітря.

Для аналізу фактичного стану мікрокліматичних параметрів та якості повітря у приміщеннях та відповідності фактичного стану нормативам виконаємо детальніший аналіз результатів моніторингу для кожного приміщення, що досліджувалось.

Ясельна група №3 (точка вимірів т.1)

Приміщення групи розміщено на 1-му поверсі східного крила будівлі ДНЗ. Приміщення розміщені над вводом теплових мереж у будівлю і першими приміщеннями на системі опалення по ходу теплоносія, тому приміщення групи є найбільш «теплыми» приміщеннями ДНЗ. Цей факт сприяє частішому та тривалішому провітрюванню приміщень.

Іншим фактором, що позитивно впливає на чистоту повітря у приміщеннях є нижча питома кількість (по відношенню до площі приміщень) дітей у приміщеннях ясельних груп.

Для всіх приміщень ясельної групи прийнята одна загальна точка замірів, бо основні приміщення (ігрова та спальня) мають спільний об'єм.

Безперервні заміри температури, відносної вологості та концентрації CO₂ виконувались в автоматичному режимі з інтервалом 10 хвилин з 18 год 00 хв 25 березня до 17 год 00 хв 26 березня.

На рис.4.7 наведено графік фактичних мікрокліматичних параметрів приміщення ясельної групи № 3.

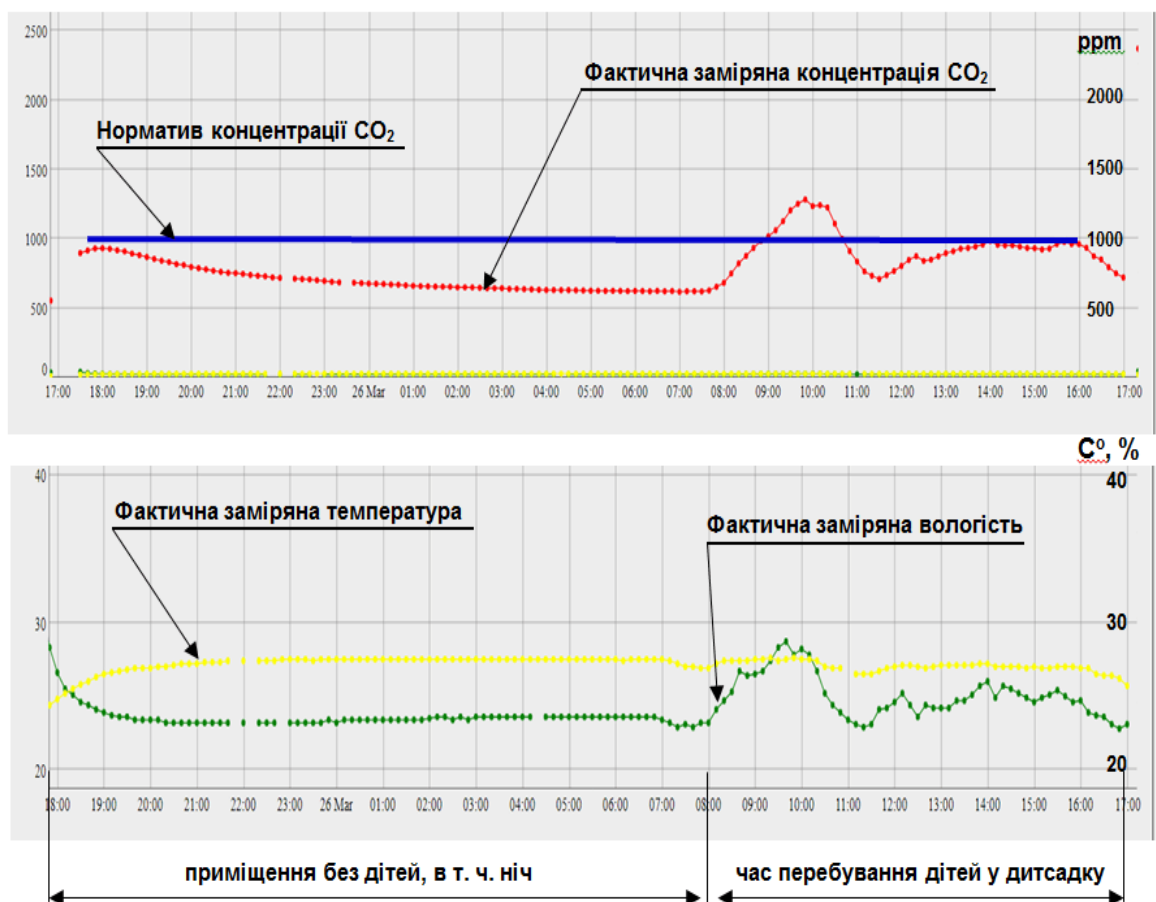


Рис.4.7. Графік фактичних мікрокліматичних параметрів приміщення ясельної групи № 3 (т. 1 вимірювань)

Аналізування забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог приміщення ясельної групи №3 показало, що:

- температура у приміщеннях групи у робочий та нічний час значно перевищує нормативне значення. За значень нормативу 21-23°C температура у класі в період проведення контролю становила 27-28 °C.
- відносна вологість у приміщеннях нижче норми. За значень нормативу 30 – 50 % фактична вологість повітря під час проведення уроків становила 22-

27 %;

- концентрація CO₂ близька до нормативної. Короткочасне перевищення нормативу у період з 9 до 11 годин ранку становить не більше 20%.

Джерелом забруднюючих речовин, у т.ч. вуглекислого газу, є люди (діти). В комплексі приміщень ясельних груп на 1 дитину приходить біля 20 м³ об'єму приміщень, тоді як у садових групах (у приміщеннях ігрових та спальнях) на 1 дитину приходить біля 7 м³ об'єму приміщень. Відносно низька заповненість приміщень ясельних груп «захищає» дітей від значних забруднень повітря навіть при відсутності вентиляції.

Середня група № 4 (точки вимірів т.2 та т.3)

Приміщення групи розміщене на 2-му поверсі західного крила будівлі ДНЗ. Група найбільш віддалена від вводу теплової енергії у будівлю. Недосконалість системи опалення не дає змоги підтримувати у приміщеннях групи оптимальний температурний режим. Температура у приміщеннях завжди нижче норми.

Контроль параметрів мікроклімату проводився у 2-х приміщеннях – ігровій та спальній кімнатах. У приміщенні ігрової кімнати діти проводять значно більше часу, ніж у спальні.

Ігрова кімната середньої групи №4

Безперервні заміри температури, відносної вологості та концентрації CO₂ проводились в автоматичному режимі з інтервалом 10 хвилин з 18 год 00 хв 26 березня до 17 год 00 хв 27 березня.

На рис.4.8 наведено графік фактичних мікрокліматичних параметрів приміщення ігрового приміщення середньої групи №4.

Аналізування забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог у ігровому приміщенні середньої групи № 4 показало, що:

- значення температури ігрового приміщення групи під час перебування в ньому дітей відповідає нормативному – близько 21°C;

- відносна вологість у приміщенні відповідає нормативному значенню. Нормативні значення вологості забезпечуються за рахунок дихання дітей. Крім

вологи люди видихають велику кількість шкідливих речовин, тому у разі високих значення CO_2 у повітрі приміщень можна стверджувати, що нормативні значення вологості трохи втрачають позитивний сенс;

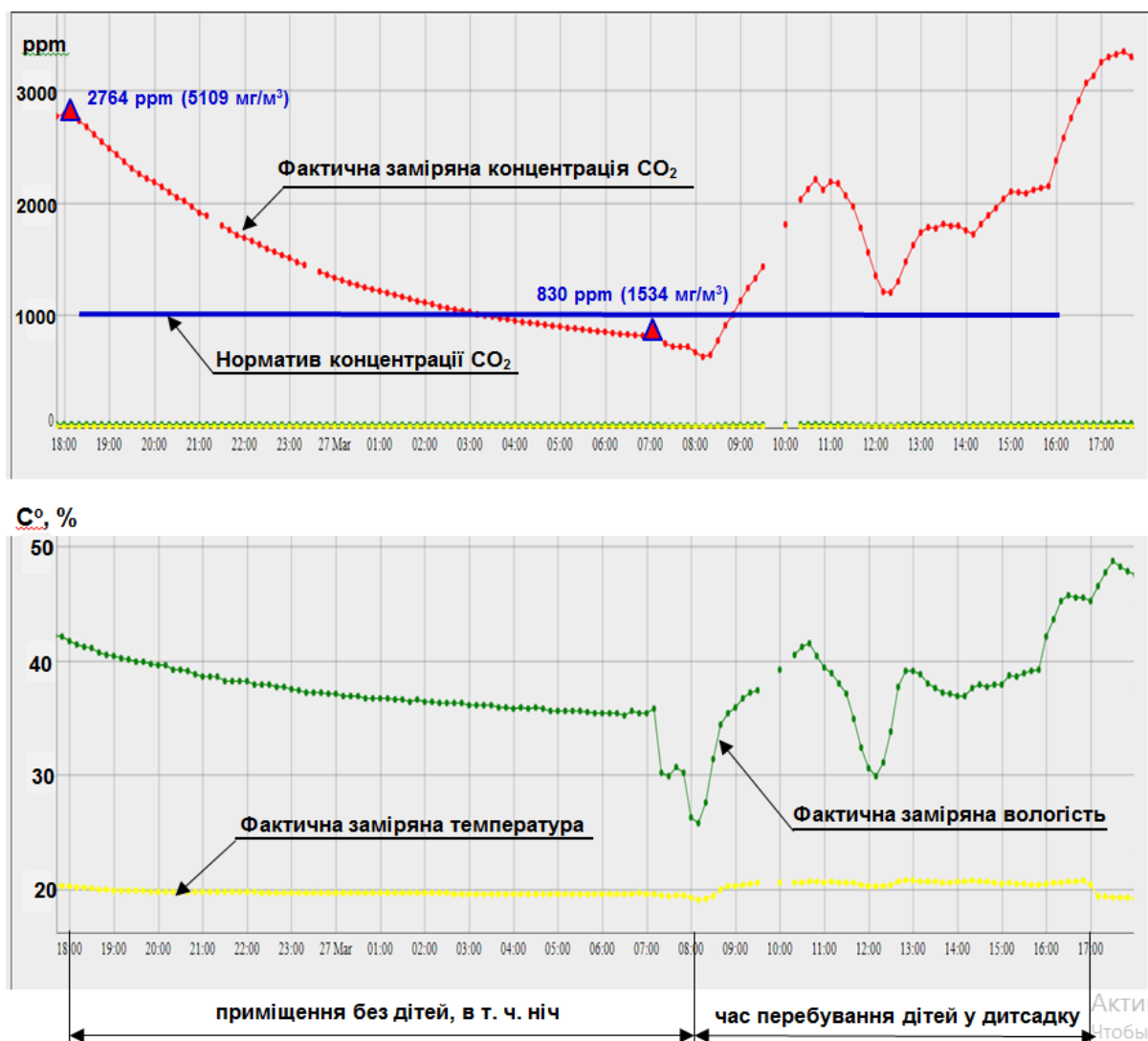


Рис.4.8. Графік фактичних мікрокліматичних параметрів ігрового приміщення середньої групи №4 (т. 2 вимірювань)

- концентрація CO_2 практично впродовж всього часу перебування дітей у приміщенні знаходиться вище норми. У вранішній період концентрація перевищує норму приблизно в 2 рази. Після сну дітей до кінця дня перевищення концентрації становить 100-200% та більше. Причиною перевищення концентрації вуглекислого газу є повна відсутність вентиляцій у приміщеннях. Періодичне провітрювання приміщень не забезпечує необхідну якість внутрішнього повітря.

Визначимо розрахунковим шляхом повітрообмін у приміщеннях групи у неробочий час. Визначений повітрообмін має стосуватись всього об'єму приміщень, що входять до складу групи. Ці приміщення сполучаються між собою (двері частіше знаходяться у відкритому стані).

Сумарний об'єм приміщень групи становить 312 м³.

За даними графіку (рис. 4.8) концентрація CO₂ у 18 год 00 хв 26 березня становила 2764 ppm (5109 мг/м³), а через 13 годин у 7 год 00 хв концентрація вуглекислого газу за рахунок природного повітрообміну знизилась до 830 ppm (1534 мг/м³).

Повітрообмін у блоці приміщень групи можна оцінити за наступною формулою:

$$L = \frac{(1509 - 1534) \cdot 312}{(3322 - 1035) \cdot 13} = \frac{1115405}{29731} = 38 \text{ м}^3/\text{год}$$

де 3322 = (5109+1534)/2 – середня концентрація CO₂ у приміщенні за ніч, мг/м³;
1035 мг/м³ (560 ppm) – концентрація CO₂ у зовнішньому повітрі.

Кратність повітрообміну у нічний час орієнтовно становить $K = 38/312 = 0,12$.

Проведена вище оцінка цілком відповідає попередньому досвіду та висновкам обстеження будівлі. В робочий час повітрообмін приміщень групи буде дещо вищий, бо має місце провітрювання та досить часто відкриваються вхідні двері. Але в робочий час буде досить важко (неможливо), з прийнятною точністю, розрахунково оцінити повітрообмін через важко контрольовану взаємодію об'ємів комплексу приміщень групи та неможливість інструментального визначення середнього значення концентрації вуглекислого газу для групи приміщень.

В робочий час можливе розрахункове визначення повітрообміну для відокремленого приміщення, яким є приміщення класу у школі.

Ігрова кімната групи

Безперервні заміри температури, відносної вологості та концентрації CO₂ проводились в автоматичному режимі з інтервалом 10 хвилин з 17 год 30 хв 27 березня до 16 год 30 хв 28 березня.

На рис.4.9 наведено графік фактичних мікрокліматичних параметрів спального приміщення середньої групи № 4.

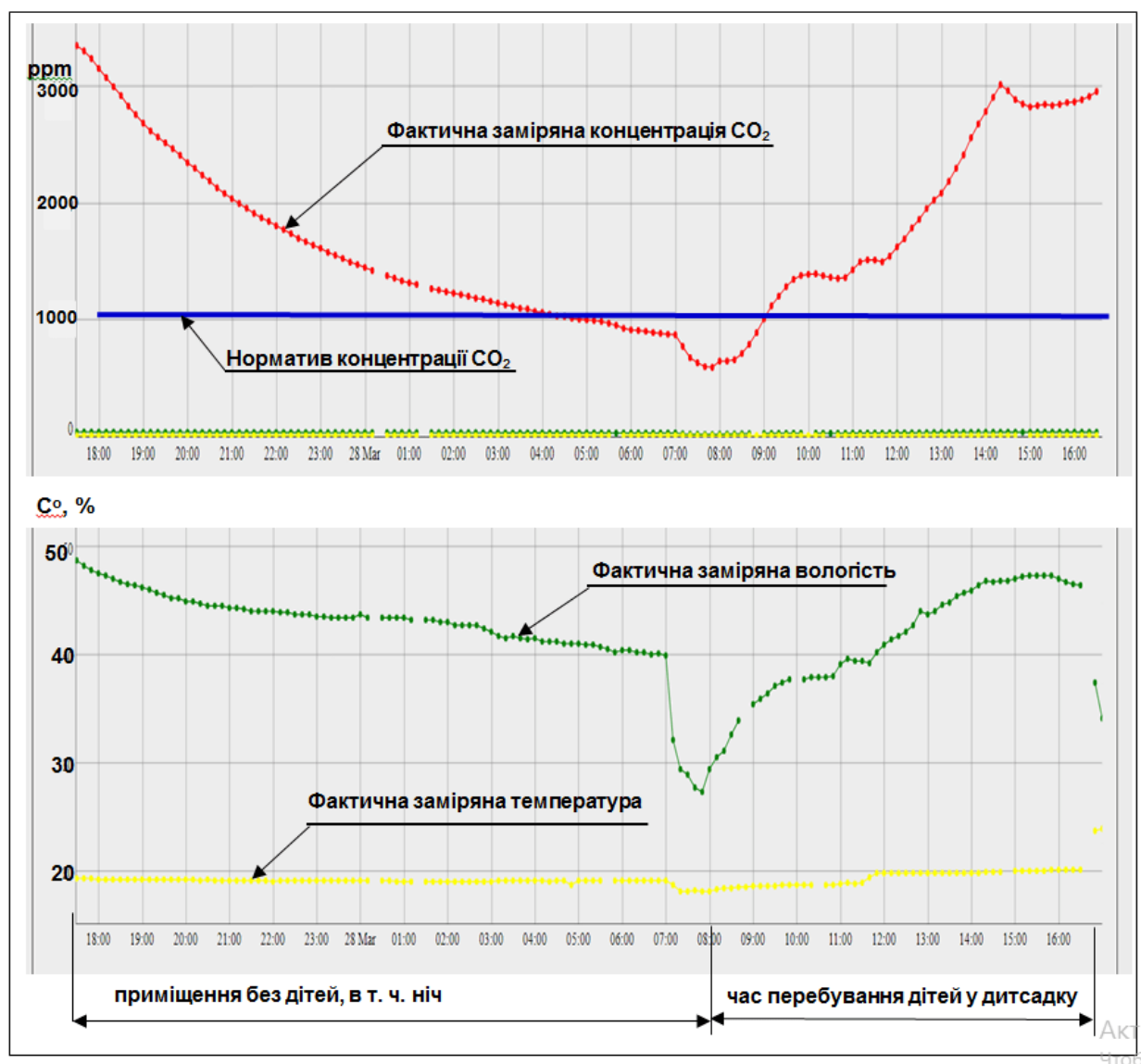


Рис.4.9. Графік фактичних мікрокліматичних параметрів спального приміщення середньої групи № 4 (т. 3 вимірювань)

Аналізування забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог у спальному приміщенні середньої групи № 4 показало, що:

- температура у спальному приміщенні групи переважну частину часу випробувань становила 18-18,5 °С, незважаючи на високе значення температури зовнішнього повітря (близько +4 °С). Дане приміщення найхолодніше зі всієї будівлі ДНЗ. За низьких значень зовнішніх температурах у приміщенні активно використовують електрообігрівачі, що піднімає температуру, але погіршує якість повітря;

- відносна вологість приміщення відповідає нормативному значенню, яке забезпечуються за рахунок дихання дітей. Крім вологи люди видихають велику кількість шкідливих речовин, тому у разі високих значення CO₂ у повітрі приміщень можна стверджувати, що нормативні значення вологості трохи втрачають позитивний сенс;

- концентрація CO₂ практично впродовж усього часу перебування дітей у приміщенні знаходиться вище норми;

- причиною перевищення концентрації вуглекислого газу є повна відсутність вентиляцій у приміщеннях. Під час сну дітей концентрація вуглекислого газу у приміщенні перевищує норму в 2-3 рази. Періодичне провітрювання приміщень не забезпечує необхідну якість внутрішнього повітря.

Старша група №12 (точки вимірів т.4)

Приміщення групи знаходяться на 1-му поверсі в центральній частині будівлі ДНЗ. Контроль параметрів мікроклімату проводився у ігровій кімнаті.

Безперервні заміри температури, відносної вологості та концентрації CO₂ проводились в автоматичному режимі з інтервалом 10 хвилин з 17 год 00 хв 28 березня до 15 год 40 хв 29 березня.

На жаль заміри проводились у п'ятницю. Цей день у ДНЗ скорочений, тому період найбільших концентрацій вуглекислого газу залишився недослідженим.

На рис. 4.10 наведено графік фактичних мікрокліматичних параметрів ігрового приміщення середньої групи № 12.

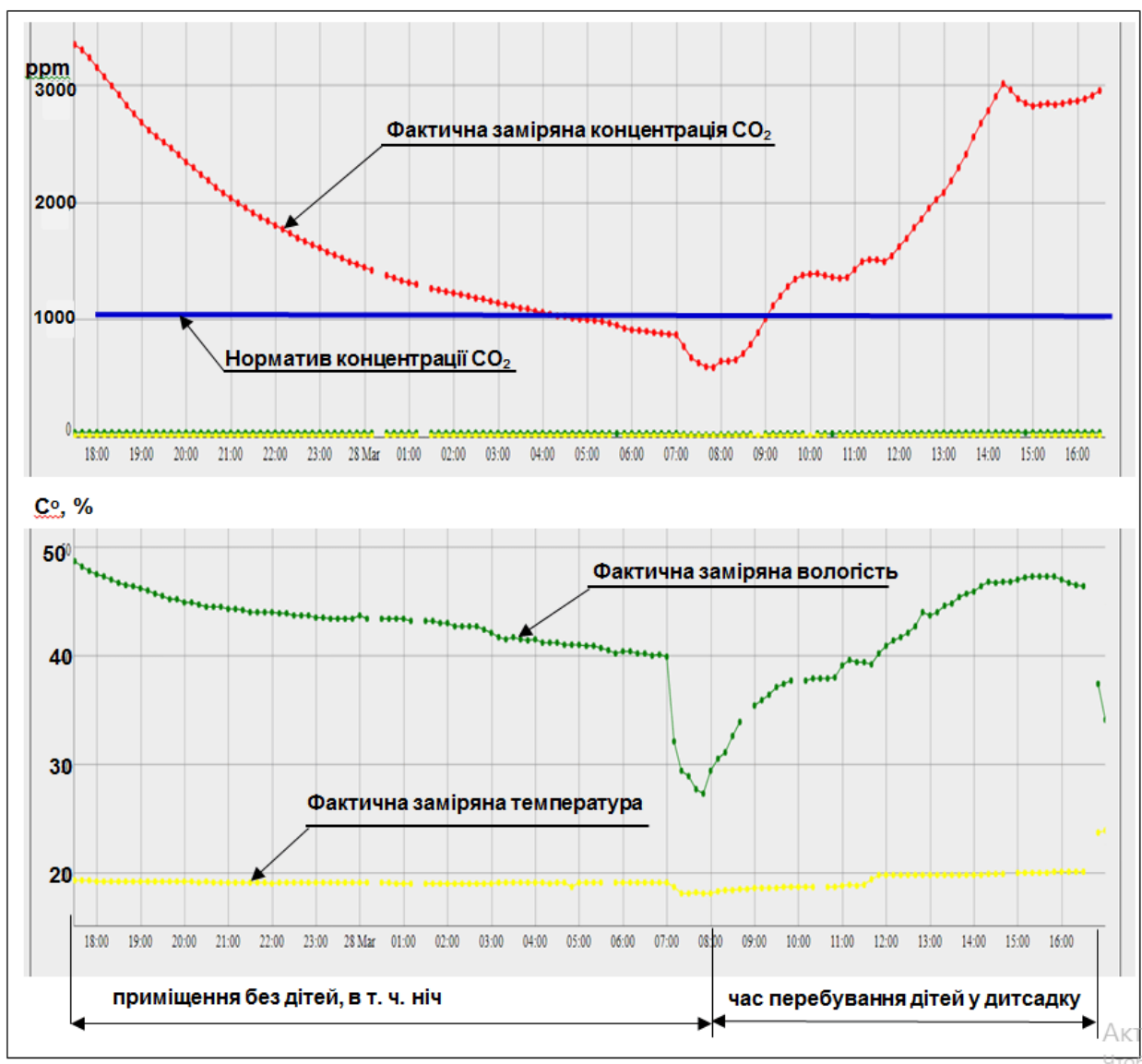


Рис.4.10. Графік фактичних мікрокліматичних параметрів ігрового приміщення середньої групи № 12

Аналізування забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог в ігровому приміщенні середньої групи № 12 показало, що:

- значення температури ігрового приміщення незначною мірою вище норми і становить 23-24 °С. Недоцільно висока температура приміщення у нічний час;
- відносна вологість у приміщенні у період проведення замірів значно нижче норми.

Графік відносної вологості наглядно демонструє, що в цьому приміщенні можливості провітрювання значно вищі, ніж в інших приміщеннях, що

підлягали контролю. В періоди з 7 год 30 хв до 8 год 30 хв та з 10 год 30 хв до 12 год 30 хв відмічається різкий спад відносної вологості внутрішнього повітря. Саме в цей період відбувалось інтенсивне провітрювання. Низькі значення відносної вологості у періоди провітрювання добре пояснюються аналізом процесів у I-D-діаграмі вологого повітря із врахуванням, що мали місце такі параметри зовнішнього повітря:

- 7 год 30 хв – 8 год 30 хв: температура біля 1 °С, відносна вологість біля 60%;
- 10 год 30 хв – 12 год 30 хв: температура біля 6 °С, відносна вологість біля 40%;
- концентрація CO₂ в ігровому приміщенні групи дещо нижче, ніж мало місце в приміщеннях середньої групи, але різниця не значна. Навіть у разі інтенсивнішого провітрюванні концентрація вуглекислого газу доволі висока: з ранку перевищення становило 50% від нормативу, після сну концентрація досягла 1800 ppm, але змушене припинення вимірів в 15 год 40 хв не дало змоги дослідити процес до кінця. Можна спрогнозувати, що о 17-й годині концентрація вуглекислого газу могла б досягти значення у 3-и тисячі ppm.

4.2. Забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату приміщень ДНЗ за рахунок впровадження систем локальної рекуперації повітря

Одним із шляхів підвищення ефективності роботи системи локальної рекуперації повітря, а саме підтримання нормативних вимог до теплового комфорту та нормативного складу повітряного середовища приміщень дитячих навчальних закладів є створення оптимальних параметрів мікроклімату за рахунок удосконалення систем автоматичного керування пристроями локальної рекуперації.

На рис. 4.11 зображена узагальнена структурна схема системи автоматичного керування мікрокліматом в приміщенні навчального закладу з установками локальної рекуперації повітря.

На рис. 4.11: $t_{\text{зовн}}$, $C_{\text{зовн}}$ – значення температури та концентрації діоксиду вуглецю повітря, що подаються, як збурення на об'єкт; $t'_{\text{зовн}}$, $C'_{\text{зовн}}$, $t'_{\text{вн}}$, $C'_{\text{вн}}$ – виміряні значення температури та концентрації діоксиду вуглецю зовнішнього та внутрішнього повітря; $K_{\text{опт}}$ – вектор оптимальних значень, що визначений системою автоматичного керування, $W_{\text{опт}}$ – вектор керуючих впливів на продуктивність системи локальної рекуперації (об'єкт керування).

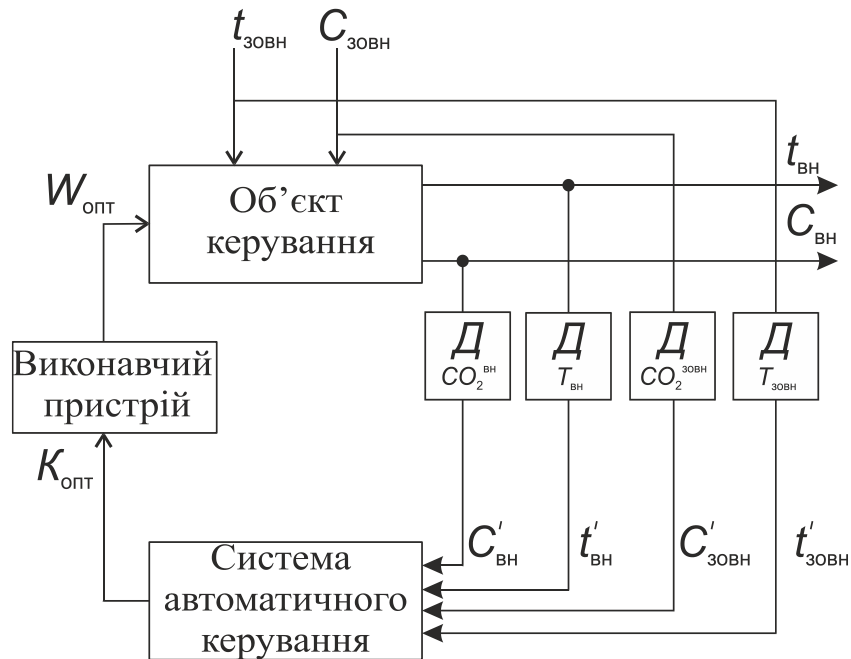


Рис.4.11. Структурна схема САК мікрокліматом в приміщенні навчального закладу

Модель об'єкту керування мікрокліматом в приміщенні складається з двох незалежних каналів – температури та концентрації діоксиду вуглецю. Для каналу контролю температури залежність внутрішньої температури в приміщенні $t_{\text{вн}}$ від температури зовнішнього повітря та масообмін повітря у приміщенні знаходиться з балансу теплової потужності:

$$Q_{\text{прим}} = Q_{\text{дж}} - Q_{\text{вих}} + Q_{\text{вх}} \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{прим}}$ – теплова енергія приміщення, Вт; $Q_{\text{дж}}$ – теплова енергія, що надходить від внутрішніх джерел (опалювальні прилади, люди), Вт; $Q_{\text{вих}}$ – теплова енергія, що витрачається з вихідним повітрям; $Q_{\text{вх}}$ – теплова енергія, що надходить до приміщення з вхідним повітрям.

Баланс теплової потужності у диференціальній формі:

$$m_{\text{пов}} c_{\text{пов}} \frac{dt}{d\tau} = Q_{\text{дж}} - m_{\text{вих}} c_{\text{пов}} t_{\text{вн}} + m_{\text{вх}} c_{\text{пов}} t_{\text{зовн}} \quad (4.2)$$

де τ – час, с; $m_{\text{пов}}$ – маса повітря в приміщенні, кг; $c_{\text{пов}}$ – питома теплоємність повітря, Вт/кг·°С; $m_{\text{вих}}$ – маса витяжного повітря, кг; $m_{\text{вх}}$ – маса припливного повітря, кг; $t_{\text{вн}}$ – температура повітря всередині приміщення, °С; $t_{\text{зовн}}$ – температура припливного повітря до приміщення, °С.

Проведемо алгебраїчні перетворення виразу (4.1), приймаючи, що $m_{\text{вих}} = m_{\text{вх}} = m_{\text{вент}}$:

$$m_{\text{пов}} c_{\text{пов}} \frac{dt}{d\tau} = Q_{\text{дж}} - m_{\text{вент}} c_{\text{пов}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}), \quad (4.3)$$

звідки:

$$\begin{aligned} \frac{dt}{d\tau} &= \frac{Q_{\text{дж}} - m_{\text{вент}} c_{\text{пов}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})}{m_{\text{пов}} c_{\text{пов}}} = \frac{dt}{d\tau} = \frac{Q_{\text{дж}}}{m_{\text{пов}} c_{\text{пов}}} - \frac{m_{\text{вент}} c_{\text{пов}}}{m_{\text{пов}} c_{\text{пов}}} t_{\text{вн}} + \frac{m_{\text{вент}} c_{\text{пов}}}{m_{\text{пов}} c_{\text{пов}}} t_{\text{зовн}} = \\ &= \frac{dt}{d\tau} = \frac{Q_{\text{дж}}}{m_{\text{пов}} c_{\text{пов}}} - \frac{m_{\text{вент}}}{m_{\text{пов}}} t_{\text{вн}} + \frac{m_{\text{вент}}}{m_{\text{пов}}} t_{\text{зовн}}. \end{aligned}$$

Загальний розв'язок задачі подамо у вигляді аперіодичної функції першого порядку:

$$t(\tau) = Ce^{-A\tau} + \frac{B}{A}. \quad (4.4)$$

Таким чином, загальний розв'язок рівняння (4.3) має вид:

$$t(\tau) = C e^{-\frac{m_{\text{вент}}}{m_{\text{пов}}} \tau} + \frac{Q_{\text{дж}}}{c_{\text{пов}} m_{\text{вент}}} + t_{\text{зовн}}, \quad (4.5)$$

де коефіцієнти визначають:

$$A = \frac{m_{\text{вент}}}{m_{\text{пов}}}; \quad B = \frac{Q_{\text{дж}}}{m_{\text{пов}} c_{\text{пов}}} + \frac{m_{\text{вент}}}{m_{\text{пов}}} t_{\text{зовн}}; \quad \frac{B}{A} = \frac{Q_{\text{дж}}}{c_{\text{пов}} m_{\text{вент}}} + t_{\text{зовн}}.$$

Для знаходження часткового розв'язку рівняння (4.2) приймаємо початкові умови для $\tau = 0$; $t = t_{\text{вн}}$ вираз (4.5) набуде виду:

$$t_{\text{вн}} = C + \frac{Q_{\text{дж}}}{c_{\text{пов}} m_{\text{вент}}} + t_{\text{зовн}}$$

звідки:

$$C = t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}} - \frac{Q_{\text{дж}}}{c_{\text{пов}} m_{\text{вент}}}$$

Тоді частковий розв'язок рівняння (4.1):

$$t(\tau) = \left(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}} - \frac{Q_{\text{дж}}}{c_{\text{пов}} m_{\text{вент}}} \right) e^{-\frac{m_{\text{вент}}}{m_{\text{пов}}} \tau} + \frac{Q_{\text{дж}}}{c_{\text{пов}} m_{\text{вент}}} + t_{\text{зовн}} \quad (4.6)$$

Зробивши деякі алгебраїчні перетворення отримаємо кінцевий частковий розв'язок рівняння (4.2):

$$t(\tau) = t_{\text{вн}} \cdot e^{-\frac{m_{\text{вент}}}{m_{\text{пов}}} \tau} + \left(1 - e^{-K_v \tau} \right) \left(\frac{Q_{\text{дж}}}{c_{\text{пов}} m_{\text{вент}}} + t_{\text{зовн}} \right) \quad (4.7)$$

де K_v – кратність повітрообміну в приміщенні, визначається:

$$K_v = \frac{m_{\text{вент}}}{m_{\text{пов}}} = \frac{V_{\text{вент}} \cdot \rho_{\text{пов}}}{V_{\text{пов}} \cdot \rho_{\text{пов}}} = \frac{V_{\text{вент}}}{V_{\text{пов}}}.$$

де $\rho_{\text{пов}}$ – густина повітря, кг/м^3 ; $V_{\text{вент}}$ – об'єм повітря, що надходить до приміщення за рахунок роботи системи локальної рекуперації, м^3 ; $V_{\text{пов}}$ – об'єм повітря, що знаходиться приміщенні навчального класу, м^3 .

Аналогічним чином визначаємо залежність для концентрації діоксиду вуглецю в приміщенні навчального закладу. Розв'язок рівняння балансу концентрації діоксиду вуглецю для навчального приміщення:

$$C_{\text{CO}_2}(\tau) = C_{\text{зовн}} \cdot e^{-\frac{V_{\text{вент}}}{V_{\text{пов}}}} + \left(1 - e^{-\frac{V_{\text{вент}}}{V_{\text{пов}}}}\right) \left(C_{\text{зовн}} + \frac{n \cdot C_p}{V_{\text{вих}}}\right) \quad (4.8)$$

де n – кількість учнів, що знаходяться у приміщенні; C_p – кількість діоксиду вуглецю, що надходить до повітря приміщення від учнів, мг .

В залежності від поточного співвідношення між температурою T_{vn} та концентрацією діоксиду вуглецю C_{vn} у складі повітря приміщення можливо виокремити два режими роботи:

1. *Режим регулювання температури в приміщенні.* За умови не дотримання рівня мінімально допустимої концентрації діоксиду вуглецю ($C_{\text{vn}} - C_{\text{vn_норм}} \geq 1500$ ppm, температура в приміщенні підтримується на нормативному рівні.

2. *Режим регулювання концентрації діоксиду вуглецю.* За умови, коли температура в приміщенні тимчасово знижується нижче нормативного значення ($T_{\text{vn}} - T_{\text{vn_норм}} \geq 4^\circ\text{C}$, підтримується рівень мінімально допустимої концентрації діоксиду вуглецю.

Забезпечення зниження рівня теплового комфорту та підтримання мінімальної концентрації діоксиду вуглецю необхідно здійснювати автоматичне керування повітряним потоком установками локальної рекуперації. Для врахування такого впливу задачу керування установками локальної рекуперації, що враховують рівень комфорту та нормативного складу повітряного середовища приміщень, найдоцільніше інтерпретувати як задачу

багатокритеріальної оптимізації [15]. Постановка такої задачі має наступний вигляд:

$$\begin{cases} Q_1(K_v) = -T_{\text{вн}}(K_v) \rightarrow \min; \\ Q_2(K_v) = C_{\text{вн}}(K_v) \rightarrow \min; \\ K_v \in [K_{v,\min} \dots K_{v,\max}], \end{cases} \quad (4.9)$$

де Q_1 , Q_2 – критерії оптимізації; K_v – кратність повітрообміну в приміщенні за рахунок роботи локальних рекуператорів; $[K_{v,\min} \dots K_{v,\max}]$ – область допустимих значень кратності повітря K_v ; $T_{\text{вн}}(K_v)$ – значення усталеного відхилення внутрішньої температури приміщенні за рахунок припливного повітря від пристроїв локальної рекуперації:

$$T_{\text{вн}}(K_v) = [t_{\text{вн}} - K_v(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})], \quad (4.10)$$

де $t_{\text{вн}}$ – внутрішня температура в приміщенні; $t_{\text{зовн}}$ – зовнішня температура теплового потоку, що поступає від пристроїв локальної рекуперації.

$$C_{\text{вн}}(K_v) = [C_{\text{вн}} - K_v(C_{\text{вн}} - C_{\text{зовн}})], \quad (4.11)$$

де $C_{\text{вн}}(K_v)$ – значення усталеного відхилення концентрації діоксиду вуглецю в повітрі приміщення; $C_{\text{вн}}$ – поточне значення концентрації діоксиду вуглецю в повітрі приміщення; $C_{\text{зовн}}$ – поточне значення концентрації діоксиду вуглецю у зовнішньому повітрі.

Розв'язок задачі багатокритеріальної оптимізації вигляду (4.9) отримаємо із застосуванням методу наближення до утопічної точки в просторі критеріїв [16].

З метою дослідження взаємного впливу параметрів на мікроклімат навчального закладу була розроблена САК продуктивністю установок локальної рекуперації в приміщеннях дошкільних дитячих закладів.

Моделювання динаміки зміни внутрішньої температури та діоксиду вуглецю, що відбуваються під час роботи системи локальної рекуперації, здійснювалось шляхом комп'ютерного імітаційного моделювання.

Узагальнена структурна схема даної комп'ютерної імітаційної моделі САК наведена на рис. 2.

На рис. 4. 12: «Теплова модель приміщення» – блок моделювання величин температури та концентрації діоксиду вуглецю повітря в приміщенні; «САК вентиляційною установкою» – блок моделювання роботи установок локальної рекуперації.

В якості вхідних даних моделювання використано значення температур та концентрації діоксиду вуглецю в зовнішньому повітрі, а також реальні результати добових вимірювань параметрів мікроклімату дитячого дошкільного закладу м. Кропивницький.

За базову модель для порівняння обрана модель САК, яка здійснює таке керування рівнем теплового комфорту, за якого відхилення температури $\Delta T_{\text{вн}}$ в приміщенні не перевищує нормально допустимого значення 4°C , а відхилення концентрації діоксиду вуглецю в приміщенні не нормується.

Комп'ютерне моделювання параметрів мікроклімату в приміщенні за рахунок роботи САК локальної припливно-витяжної вентиляції полягало в наступному. Для кожного із вхідних значень моделей визначається оптимальний вектор керування та параметри режиму для двох випадків:

- для випадку моделі базової САК формування оптимальних умов теплового комфорту, без контролю рівня концентрації діоксиду вуглецю в повітрі приміщення;

- для випадку розробленої в роботі моделі САК формування нормативного значення теплового комфорту та концентрації діоксиду вуглецю в повітрі приміщення.

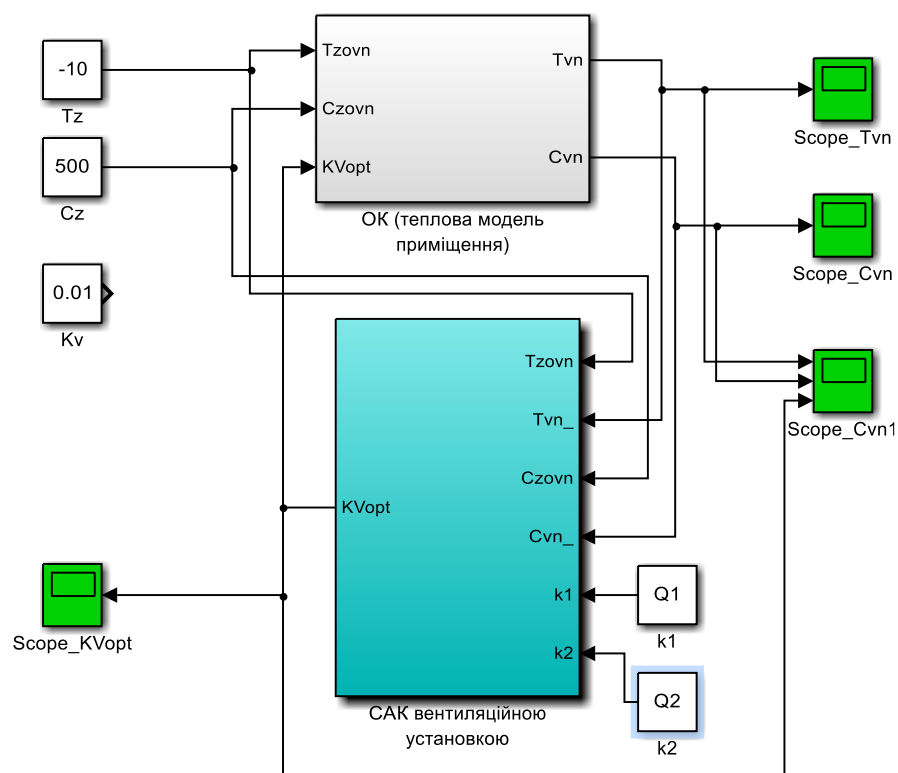


Рис. 4.12. Узагальнена комп'ютерна модель САК установкою локальної припливно-витяжної вентиляції

Результати комп'ютерного імітаційного моделювання наведені на рис. 4.13 – 4.15 у вигляді графіків.

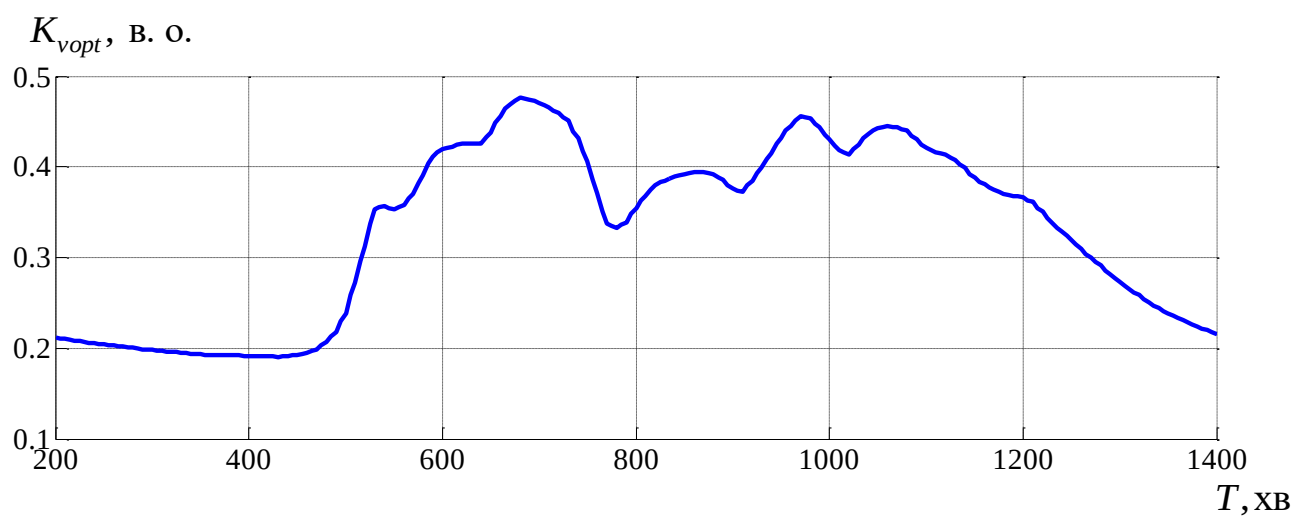


Рис. 4.13. Графік зміни значень вектора оптимального керування KV_opt для розробленої моделі

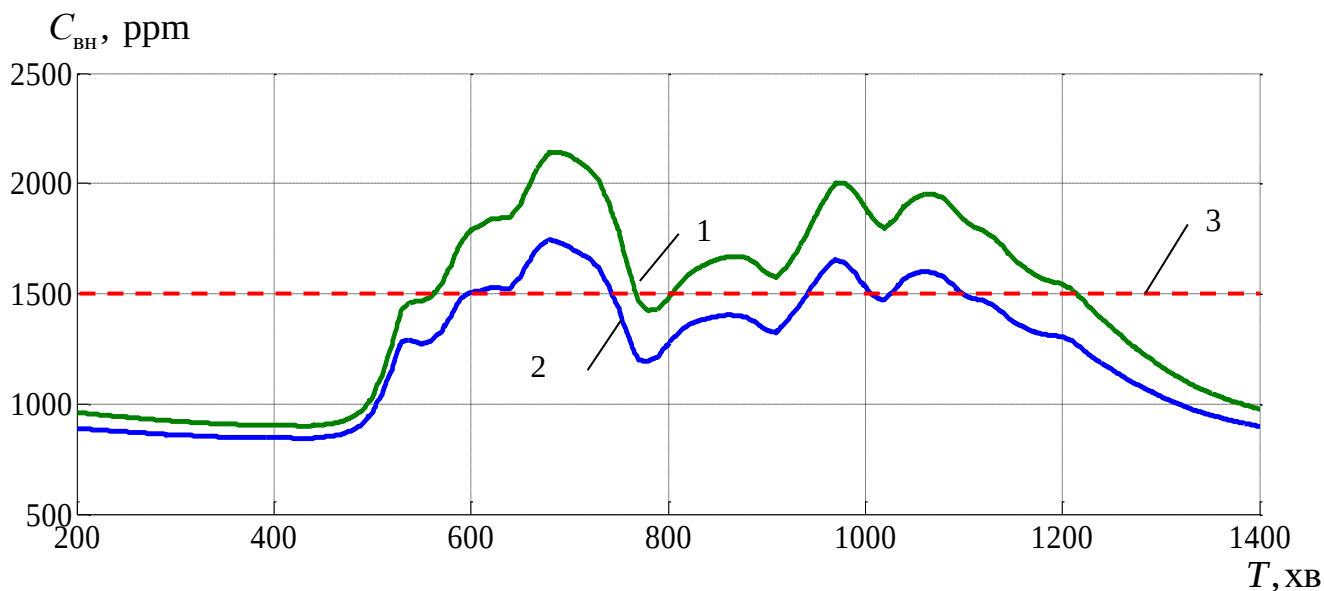


Рис. 4.14. Графік концентрації CO₂ для базової (1), розробленої моделі (2) САК параметрами мікроклімату та максимально допустимий рівень концентрації CO₂ всередині приміщення (3)

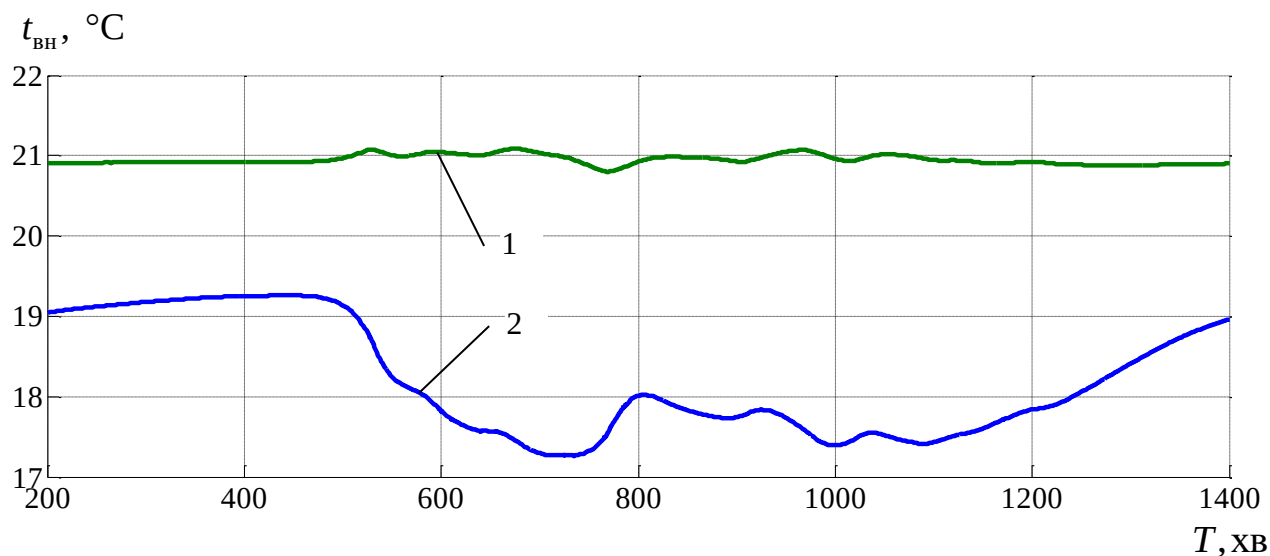


Рис. 4.15. Графік температури всередині приміщення для базової (1) та розробленої моделі (2) САК параметрами мікроклімату

Як видно з рис. 4.14, тривалість зони з перевищенням максимально допустимого рівня концентрації CO₂ всередині приміщення у випадку запропонованої в роботі моделі виявилась на 49,5 % (567 хв) меншою, ніж для базової моделі. Крім того, як видно з рис. 5 розроблена система, також обмежує відхилення температури в приміщенні, що дозволяє підтримувати допустимі

значення теплового комфорту згідно вимог [1].

За результатами моделювання проведено статистичне оброблення результатів моделювання для базової та розробленої моделі, результати якої наведено в табл.4.2.

Таблиця 4.2. Результати статистичного оброблення для варіантів моделювання

№ з/п	Параметри мікроклімату	Математичне очікування, M	Середньоквадратичне відхилення, σ
Базова модель керування системою вентиляції			
1	$t_{\text{вн}}$	20,9	0,059
2	C_{CO_2}	1451,41	230,63
Розроблена модель керування системою вентиляції			
1	$t_{\text{вн}}$	18,1	0,385
2	C_{CO_2}	1261,36	161,19

Статистичне оброблення результатів моделювання параметрів мікроклімату в приміщенні навчального закладу (табл.4.2) показало, що розроблена модель дозволяє зменшити показник концентрації діоксиду вуглецю на 13,1% у порівнянні з базовою моделлю за умови підтримання температури в гранично допустимих межах.

РОЗДІЛ 5. АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВПРОВАДЖЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ АГРЕГАТІВ У ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ

Техніко-економічний аналіз виконаємо на прикладі одного приміщення ігрової кімнати ДНЗ, обладнаного двома рекуператорами-теплоутилізаторами типу PRANA-150.

Вихідні дані для розрахунків наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Вихідні дані для техніко-економічних розрахунків

№ з/п	Параметр	Значення
1	Об'єм приміщення	180 м ³
2	Розрахунковий загальний повітрообмін (1,5 крати)	270 м ³ /год
3	Повітрообмін, що має забезпечуватись вентагрегатом-теплоутилізатором (1,2 кр.)	216 м ³ /год
4	Температура внутрішнього повітря	21,0 °С
5	Середня температура опалювального періоду	0 °С
6	Середній тариф на теплову енергію	2250 грн/Гкал
7	Ефективність рекуператорів	73 %

Тривалість роботи ДНЗ впродовж опалювального періоду становить:

$$N_p = 8 \cdot 130 = 1040 \text{ год}$$

де 8 – кількість годин роботи закладу в робочий день, год;

130 – кількість робочих діб впродовж опалювального періоду, діб.

Вартість 2-х рекуператорів Prana-150 становить: $5950 \cdot 2 \cdot 1,2 = 14280$ грн де 1,2 – коефіцієнт, що враховує вартість монтажних робіт

Базовий рівень споживання теплової енергії за рахунок збільшення повітрообміну у приміщенні на $216 \text{ м}^3/\text{год}$ (продуктивність роботи 2-х вентиляційних агрегатів):

$$Q_{BAZ} = 216 \cdot 1,2 \cdot 0,24 \cdot (21 - 0) \cdot 1040 = 1358623 \text{ ккал (1,36 Гкал)}$$

де 1,2 – питома вага повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

0,24 – теплоємність повітря, $\text{ккал}/\text{м}^3 \cdot \text{град}$.

Значення заощадженої теплової енергії за рахунок впровадження теплових утилізаторів становить:

$$Q_{EK} = 1,36 \cdot 0,73 = 0,99 \text{ Гкал / рік.}$$

Заощадження коштів за рахунок зменшення споживання теплової енергії:

$$C_{EK} = 0,99 \cdot 2250 = 2226 \text{ грн / рік.}$$

Простий термін окупності впровадження теплоутилізаторів становить:

$$T_{OK} = 14280 / 2226 = 6,4 \text{ років.}$$

Дисконтний термін повернення інвестицій за значення норми дисконту 8 % становить 9,4 роки (рис.5.1).

Такі результати техніко-економічного аналізу можна вважати цілком прийнятними. Але ці результати є нереальними, а лише демонстраційними. Вони показують, які економічні показники могло б мати впровадження теплоутилізаторів у випадку, якщо вони могли б ефективно експлуатуватись

впродовж всього опалювального періоду. На жаль така експлуатація неможлива. Детальна та уважна робота з технічною документацією на теплоутилізатори дає можливість знайти підтвердження цього факту. Це ж підтверджується проведеними повірочними розрахунками та виконаним аналізом.

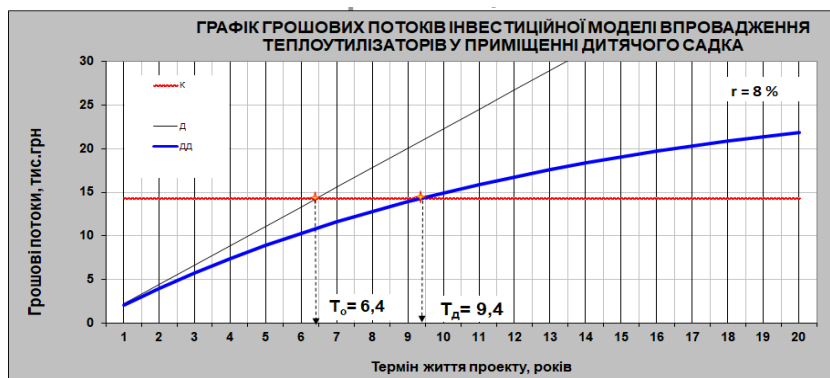


Рис. 5.1. Графік грошових потоків інвестиційної моделі впровадження теплоутилізаторів у приміщенні ДНЗ

На рис.5.2 наведено графік, який показує залежність температури припливного повітря від ефективності теплоутилізаторів в діапазоні температур зовнішнього повітря опалювального періоду. Зрозуміло, що навіть якщо не аналізувати допустимі температури припливного повітря, дискомфорт може виникати вже при температурах припливного повітря (+14) – (+16) °С. Наведені цифри є оціночними, залежать від багатьох факторів та потребують детального вивчення. Але не можна відкидати, що проблема існує.

Якщо за критичну температуру прийняти температуру припливного повітря +15°C, то така температура при ефективності теплоутилізатора 73% відповідає температурі зовнішнього повітря мінус 4 °С. Тобто можна спрогнозувати, що експлуатація теплоутилізатора може здійснюватись а періоди, коли температура зовнішнього повітря не нижче мінус 4°C. Скористаємось графіком тривалості стояння температур зовнішнього повітря (значення середні для України).

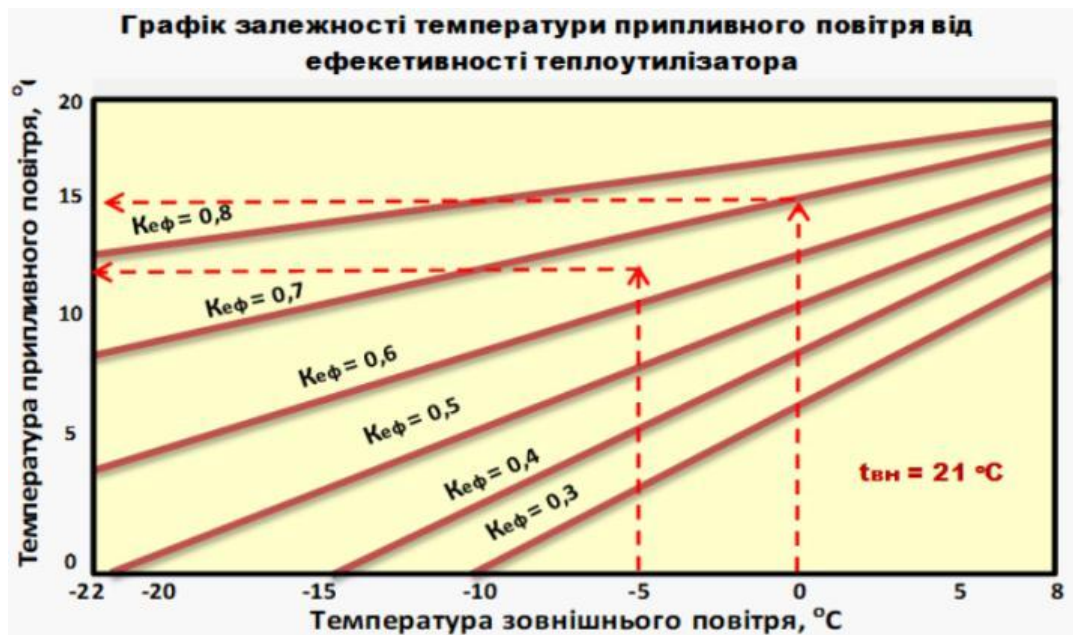


Рис. 5.3. Графік залежності температури припливного повітря від ефективності теплоутилізатора



Рис. 5.3. Графік тривалості стояння температур зовнішнього повітря

За даними графіка можна оцінити, що постійна експлуатація теплоутилізаторів буде здійснюватись впродовж не більше 50% тривалості опалювального періоду. Крім того, теплоутилізатори при більш низьких температурах можуть використовуватись для періодичного провітрювання (без дітей у приміщеннях).

З урахуванням сказаного вище, за самим оптимістичним сценарієм, реальна економія може становити близько 60% від загальної розрахункової економії:

$$C_{EK} = 0,6 \cdot 2226 = 1336 \text{ грн/ рік.}$$

Тоді простий термін повернення інвестицій становитиме:
 $T_{OK} = 14280 / 1336 = 10,7 \text{ років.}$

Реальні економічні показники впровадження вентиляційних агрегатів, обладнаних теплоутилізаторами, є не досить прийнятними. Але має місце досягнення дуже важливої мети – покращення санітарно-гігієнічних умов у дитячих закладах, що буде сприяти вихованню здорових, розвинених та кваліфікованих членів нового українського суспільства.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена виявленню шляхів забезпечення нормативних параметрів мікроклімату громадських будівель за мінімальних витрат енергоносіїв:

1. Аналіз проблеми забезпечення якості повітря громадських будівель підтвердив, що наразі у більшості громадських будівель припливно-витяжна вентиляційна система перебуває у неробочому стані або, навіть, частково демонтована. Надходження свіжого повітря для провітрювання приміщень здійснюється за рахунок природної вентиляції, зокрема, – відкривання фрамуг й стулок вікон та дверей, а також інфільтрації повітря через нещільності в елементах огорожувальних конструкцій (вікон, дверей, зовнішніх стін). Проте, інфільтрація нівелюється впровадженням енергоощадних заходів: встановленням герметичних металопластикових вікон, дверей, а також зовнішнім утепленням стін.

Невирішеним залишились питання забезпечення нормативних параметрів мікроклімату громадських будівель за мінімальних витрат енергоносіїв.

2. Інструментальний контроль параметрів мікроклімату підтвердив загальний незадовільний стан забезпечення мікрокліматичних умов приміщень громадських будівель. Виявлені відхилення від нормативних показників температурного режиму. Особливу стурбованість викликає значне перевищення концентрації вуглекислого газу, що свідчить про відсутність достатнього повітрообміну та про низьку якість повітря у приміщеннях.

3. Визначення реальних значень кратностей повітрообміну для репрезентативної групи приміщень громадських будівель підтвердило занадто низькі значення кратностей, які набагато менші за мінімальні нормативні значення для навчальних установ, отримані результати відповідають дослідженням закордонних науковців.

4. У результаті проведених досліджень встановлено, що задачу керування установками локальної рекуперації, що враховують рівень комфорту та нормативного складу повітряного середовища приміщень, найдоцільніше

інтерпретувати як задачу багатокритеріальної оптимізації, а її розв'язок отримати із застосуванням методу наближення до утопічної точки в просторі критеріїв.

5. Проведений аналіз ефекту від застосування запропонованого підходу підтвердив переваги запропонованої системи шляхом зменшення тривалості зони з перевищенням максимально допустимого рівня концентрації CO₂ на 49,5 % та зменшення значення концентрації CO₂ на 13,1% за умови підтримання температури в гранично допустимих межах. У результаті проведених досліджень встановлено, що задачу керування установками локальної рекуперації, що враховують рівень комфорту та нормативного складу повітряного середовища приміщень, найдоцільніше інтерпретувати як задачу багатокритеріальної оптимізації, а її розв'язок отримати із застосуванням методу наближення до утопічної точки в просторі критеріїв.

Результати досліджень можуть бути використані під час виконання експериментальних досліджень параметрів мікроклімату будівель різного призначення, а також під час проектування систем вентиляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інженерне обладнання будівель і споруд. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинний від 2014-01-01]. – К.: Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2013. – 147 с.
2. Седов А. В. Обеспечение комфорта человека в помещении посредством инженерных систем / А. В. Седов, П. Д. Челишков, И. В. Редин // Вісник ДНАБА. – 2009. – Вип. 5/2009 (79). – С. 94–97.
3. Сукач С. В. Методи і засоби контролю та управління якістю повітряного середовища у приміщеннях : монографія / С. В. Сукач, Ю. І. Шульга. – Кременчук : Видавець ПП Щербатих О. В., 2013. – 192 с.
4. Plieshkov P.H. Securement of the optimal microclimate parameters in accomodations of the educational institutions for children by implementation of the system of local air recuperation / P.H. Plieshkov, K.H. Petrova, I.V. Savelenko, O.I. Sirikov, N.Yu. Harasova // Ukrainian Journal of Ecology, No 10(2), 2020. – P. 1 – 7 (Міжнародне наукове видання - Web of Science).
5. Будинки і споруди. Заклади освіти: ДБН В.2.2-3:2018. – [Чинний від 2018-09-01]. – К.: Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2018. – 57 с.
6. Waheed A. The Impact of Renewable Energy on Carbon Dioxide Emissions: An Empirical Analysis of Selected South Asian Countries/ A. Waheed, M. Tariq // Ukrainian Journal of Ecology, 2019, 9(4), 527-534. DOI: 10.15421/2019_785
7. Івасенко В.М. Вимірювання діоксиду вуглецю в приміщенні громадських, житлових та офісних будівель / В.М. Івасенко, Б.С. Ганчев // Scientific Journal «ScienceRise». - 2018. - №7(48). - С. 38-41.
8. Інженерне обладнання будівель і споруд. Внутрішній водопровід та каналізація: ДБН В.2.5-64:2012. – [Чинний від 2013-04-01]. – К.: Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2013. – 104 с.
9. A review of the performance of different ventilation and airflow distribution systems in buildings / Cao G., Awbi H., Yao R., Fan Y., Sirén K., Kosonen R., Zhang J. (Jensen) // Building and Environment. 2014. Vol. 73. P. 171–

186. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.009>

10. Chenari B., Dias Carrilho J., Gameiro da Silva M. Towards sustainable, energy-efficient and healthy ventilation strategies in buildings: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 59. P. 1426–1447. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.074>

11. Effect of natural ventilation on indoor air quality and thermal comfort in dormitory during winter / Lei Z., Liu C., Wang L., Li N. // Building and Environment. 2017. Vol. 125. P. 240–247. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.08.051>

12. Cheng Z., Li L., Bahnfleth W. P. Natural ventilation potential for gymnasia – Case study of ventilation and comfort in a multisport facility in northeastern United States // Building and Environment. 2016. Vol. 108. P. 85–98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.08.019>

13. Experimental and theoretical investigation of air exchange rate of an indoor aquatic center / Panaras G., Markogiannaki M., Tolis E. I., Sakellaris Y., Bartzis J. G. // Sustainable Cities and Society. 2018. Vol. 39. P. 126–134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.012>

14. M. He, J. Zheng, Z. Liu. Study on indoor thermal environment under winter air-conditioning condition in one university students' dormitory in Chongqing // Refrigeration and Air-conditioning. № 14 (2014) 89–93.

15. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Е. С. Бондарь, А. С. Гордиенко, В. А. Михайлов, Г. В. Нимич. – М. : Аванпост–Прим, 2005. – 560 с.

16. Сукач С. В. Сучасний аспект розв'язання проблеми вентилявання навчальних приміщень різного призначення / С. В. Сукач // Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник. – К. : КНУБА, 2014. – Вип. 52. – С. 387–393.

17. Шульга Ю. И. К решению задач управления микроклиматом в помещениях учебных заведений / Ю. И. Шульга, А. П. Черный, С. В. Сукач // Проблемы охраны праці в Україні. – 2010. – Вип. 19. – С. 37–44.

18. Авраменко М. М. Підтримка параметрів мікроклімату в нормативних межах як засіб створення комфортних умов праці / М. М. Авраменко, С. В. Сукач, М. А. Кобилянський // Електромеханічні і енергозберігаючі системи : щоквартальний науково-виробничий журнал. – Вип. 4/2010 (12). – Кременчук : КНУ, 2010. – С. 94–99.

19. Плешков П.Г. Проблеми визначення ефективності та ранжування енергоощадних заходів на об'єктах бюджетної сфери / П.Г. Плешков, С.В. Серебренніков, К.Г. Петрова, І.В. Савеленко, О.І. Сіріков // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки: зб. наук. пр. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – Вип. 1 (32). – С. 166 – 172.

20. Парасочка С.О. Про мікроклімат у громадських будівлях та енергетичну ефективність / С.О. Парасочка // Промелектро. – 2019. – № 2. – С.43 – 46.

21. Плешков П.Г. Створення системи енергоменеджменту та підвищення рівня енергоефективності бюджетних закладів в умовах обмежених енерго-економічних ресурсів / П.Г. Плешков, С.В. Серебренніков, К.Г. Петрова, І.В. Савеленко // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'17: IV міжнар. наук.-практ. та навч.-метод. конф., Київ, 25–27 квітня 2017 р.: зб. наук. праць. – Київ: «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, 2017. – С. 111 – 112.

22. Ткаченко В.Ф. Підвищення рівня ефективності енергопостачання вищих навчальних закладів за рахунок оптимізації вибору заходів з енергозбереження / В.Ф. Ткаченко, К.Г. Петрова // Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві: міжн. наук.- практ. конф., Кіровоград, 21-22 жовтня 2015 р.: зб. тез доп. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С. 105 – 106.

23. Черновол М.І. Підвищення рівня енергоефективності технічного університету шляхом оптимізації енергетичного балансу / М.І. Черновол, П.Г. Плешков, С.В. Серебренніков, І.В. Савеленко, К.Г. Петрова // Вісник КНУТД. Серія «Технічні науки». – К: КНУТД, 2015. – № 5 (90). – С. 99 – 106.

24. Ткаченко В. Ф. Підвищення рівня ефективності енергоспоживання вищих навчальних закладів за рахунок виявлення почерговості впровадження заходів з енергоощадження / В.Ф. Ткаченко, К.Г. Петрова // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – Вип. 29. – С. 275 – 281.

25. Плешков П.Г. Оптимізація процесу використання електричної енергії за результатами енергоаудиту / П.Г. Плешков, В.Б. Бондаренко, С.В. Серебренніков, І.В. Савеленко, К.Г. Петрова // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – Вип. 29. – С. 247– 256.

26. Ткаченко В. Ф. Шляхи вирішення проблем фінансування впровадження заходів з енергозбереження в організаціях бюджетної сфери України / В. П. Розен, В. Ф. Ткаченко, Г. В. Курбака // Енергетика: економіка, технології, екологія. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – № 1. – С. 71 – 77.

27. Ткаченко В. Ф. Энергетический мониторинг зданий высших учебных заведений / В. П. Розен, В. Ф. Ткаченко // Проблемы региональной энергетики / Институт энергетики АНМ; главный ред. академик АНМ, д. н. т. В. М. Постолатий. – Кишинев: Институт энергетики АНМ, 2013. – № 2. – С. 108 – 112.

28. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні (EN ISO 13790:2008, IDT). [На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013]. К.: НДІБК, 2011. 229 с.

29. EN ISO 13786:2007. Thermal performance of building component - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods. — CEN. European Committee for Standardization, 2007. 27 p.

30. Фаренюк Г. Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г. Г. Фаренюк. – К. : Гама-

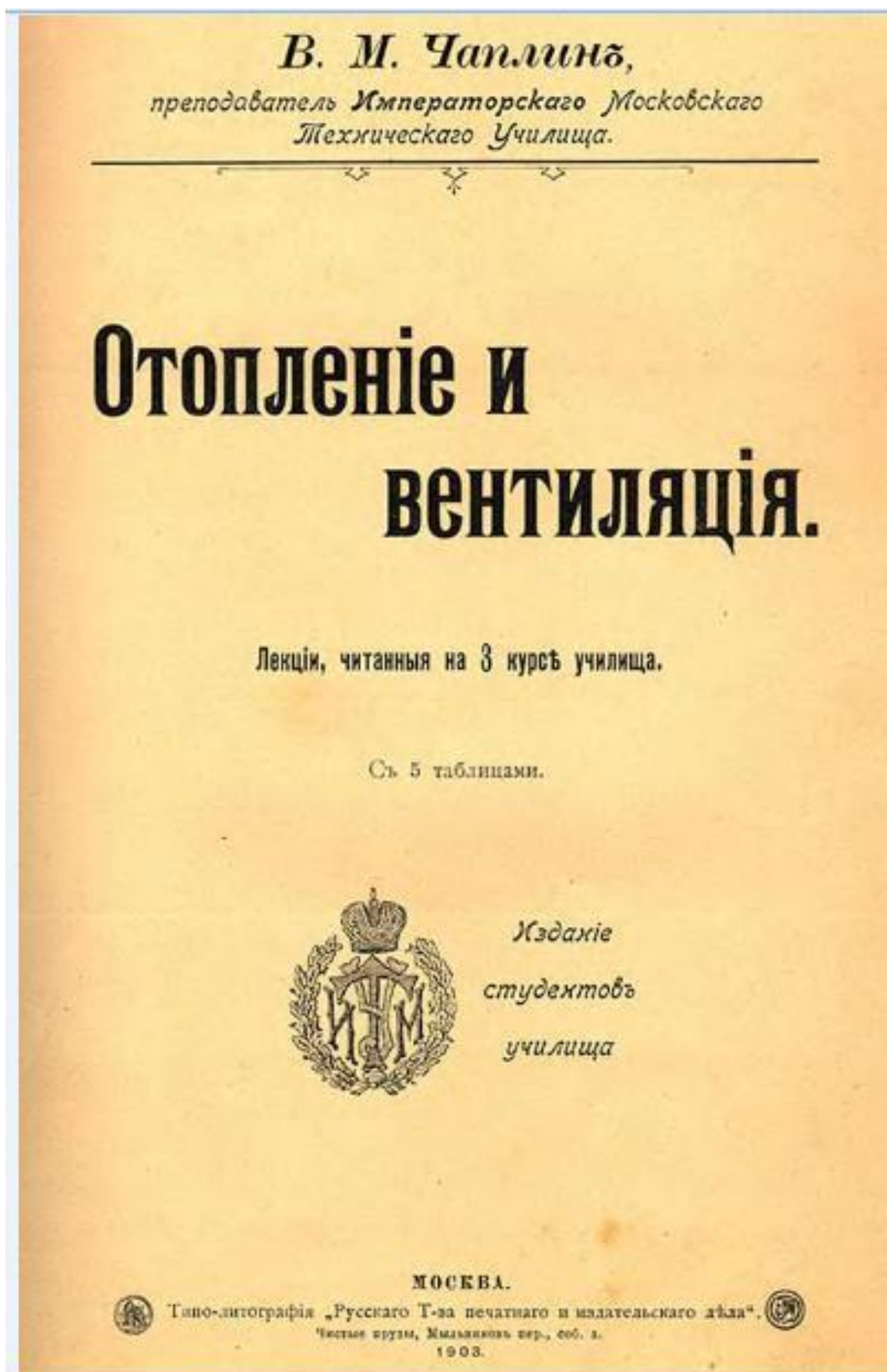
Принт. – 2009. – 216 с.

31. Official website of Utilities and Energy Management Department of University of Texas at Austin. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.utexas.edu/utilities/>

32. Копець А. Моніторинг енергетичних послуг та спожитої енергії в бюджетних установах: Електронний журнал ЭСКО № 9, сентябрь 2003. – Режим доступу: http://esco-ecosys.narod.ru/2003_9/art100.htm

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А. МАТЕРІАЛИ З СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ



Назначеніе отопленія и вентиляціи.

Всякое жилое помѣщеніе можно разсматривать какъ часть атмосферы, изолированную въ большей или меньшей степени отъ вліянія неблагопріятныхъ внѣшнихъ климатическихъ условій. Чѣмъ суровѣе послѣднія, тѣмъ большее вниманіе обращается на эту изоляцію. Воздухъ, запертый въ паружныхъ огражденіяхъ жилища, претерпѣваетъ нѣкоторые измѣненія въ своемъ составѣ подъ вліяніемъ процессовъ дыханія, горѣнія, гніенія и проч., которые всегда имѣютъ мѣсто въ каждомъ жиломъ зданіи. Такъ какъ люди принуждены большую часть своей жизни проводить въ жилищахъ, то вредное вліяніе испорченнаго воздуха въ теченіе продолжительнаго времени вноситъ серьезное расстройство въ ихъ организмъ. Отопленіе и вентиляція имѣютъ своей цѣлью поддерживать воздухъ жилыхъ помѣщеній при тѣхъ условіяхъ его температуры и состава, которые признаются наиболее здоровыми и пріятными для обитателей жилищъ.

Составъ атмосфернаго и комнатнаго воздуха.

Главными составными частями атмосфернаго воздуха—кислорода и азота. Принимая среднія цифры, воздухъ содержитъ 20,9 об. частей кислорода и 79,1 об. частей азота. Это отношеніе весьма постоянно и почти не измѣняется въ воздухѣ морей, лѣсовъ и городовъ, т. е. при совершенно различныхъ условіяхъ употребленія и пополненія заключающагося въ немъ кислорода. Постоянство состава объясняется въ этомъ случаѣ непрерывнымъ движеніемъ воздуха и его смѣшеніемъ. Если мы представимъ себѣ атмосферный воздухъ совершенно замкнутымъ въ жиломъ помѣщеніи, гдѣ на лицо только процессъ потребленія содержащагося въ немъ кислорода и отсутствуютъ источники его образованія, то намъ понятно будетъ, что воздухъ этотъ весьма быстро сдѣлается совершенно непригоднымъ для дыханія. Но на самомъ дѣлѣ болѣе или менѣе полная изоляція имѣетъ мѣсто лишь въ самыхъ исключительныхъ случаяхъ, и воздухъ жилыхъ помѣщеній всегда находитъ себѣ пути для выхода и замѣны паружнымъ подъ вліяніемъ разности ихъ температуръ и подъ вліяніемъ движенія внѣшняго воздуха, вслѣдствіе чего даже въ

весьма скученных помѣщеніяхъ уменьшеніе кислорода замѣчается въ самой незначительной степени. Это ничтожное обѣдѣніе воздуха кислородомъ не имѣетъ никакого санитарнаго значенія, такъ какъ переносится людьми безъ всякаго вреда.

Азотъ воздуха не принимаетъ активного участія въ процессахъ дыханія, и его содержаніе въ воздухѣ жилыхъ помѣщеній можно считать тоже постояннымъ.

Атмосферный воздухъ содержитъ въ себѣ, какъ постоянную примѣсь, иѣкоторое количество углекислоты. Содержаніе этого газа весьма постоянно и колеблется въ предѣлахъ 0,3 до 0,4 обѣдныхъ частей на 1000 об. частей воздуха, что обозначается: $0,3-0,4\%$ по объему. Въ воздухѣ жилыхъ помѣщеній количество углекислоты значительно увеличивается, такъ какъ всѣ жизненные процессы сопровождаются ея выдѣленіемъ.

Самъ по себѣ газъ этотъ, какъ примѣсь въ воздуху, переносится человеческимъ организмомъ безъ всякихъ вредныхъ послѣдствій даже при его содержаніи въ воздухѣ въ гораздо болѣеомъ количествѣ, чѣмъ это имѣетъ мѣсто въ жилищахъ, но сопутствующіе его продукты выдѣленій весьма вредно вліяютъ на человеческій организмъ. Содержаніе въ воздухѣ этихъ продуктовъ въ иѣкоторой степени пропорціонально содержанію углекислоты; а такъ какъ послѣдняя качественно и количественно опредѣляется весьма легко, то, по предложенію извѣстнаго гигиениста Петтенкофера, во всѣхъ помѣщеніяхъ, гдѣ преобладающимъ источникомъ образованія углекислоты служитъ пребываніе въ нихъ людей, ее принимаютъ за мѣрило чистоты воздуха. Въ санитарной практикѣ установилось считать крайнимъ предѣломъ содержанія углекислоты въ жилыхъ помѣщеніяхъ $0,7\%$ до $1,0\%$. Эта норма, какъ мы увидимъ впоследствии, служитъ дѣльнымъ для опредѣленія степени обѣйна воздуха для поддержанія должной его чистоты. Она же понимается нами, при такомъ ничтожномъ образованіи углекислоты, а слѣдовательно, и ничтожной затратѣ на него кислорода, воздухъ дѣлается уже испорченнымъ для дыханія сопровождающими его примѣсями. Изъ этого же дѣлается понятнымъ, почему при отсутствіи этихъ примѣсей воздухъ жилищъ былъ бы шокѣ пригоденъ для дыханія. Составъ и свойства этихъ газообразныхъ и парообразныхъ органическихъ примѣсей мало изучены; мы не будемъ на нихъ останавливаться, тѣмъ болѣе, что въ нашихъ рукахъ есть, какъ выше указано, мѣрило для сужденія о количественномъ ихъ содержаніи въ воздухѣ жилищъ.

Атмосферный воздухъ содержитъ въ себѣ переменное количество водяныхъ паровъ. Средняя относительная влажность воздуха въ различныхъ странахъ колеблется въ предѣлахъ 30—90%; колебаніе относительной влажности въ жилыхъ помѣщеніяхъ происходитъ еще въ большихъ предѣлахъ, но общепринятая норма влажности въ жилыхъ помѣщеніяхъ составляетъ 50% насыщенія; при такомъ содержаніи влаги въ воздухѣ онъ не отнимаетъ у человеческого организма слишкомъ много паровъ, и, оставаясь малотеплопроводнымъ, сберегаетъ животную теплоту.

Механическія прихіси комнатнаго воздуха.

Опилюючись въ общихъ чертахъ съ составомъ комнатнаго воздуха, остановимся на тѣхъ механическихъ прихісахъ, которыя всегда въ немъ находятся и санитарное значеніе которыхъ весьма велико. Человекъ, вдыхая пыльный воздухъ, выдыхаетъ его обратно совершенно свободнымъ отъ механическихъ прихісей, слѣдовательно, вся выдыхаемая имъ пыль остается въ слизистыхъ оболочкахъ дыхательныхъ путей, проникая во всѣ мельчайшія развѣтвленія легкихъ. Наибольшую степень вреда приносятъ пыли металлическая и минеральная, отдѣляемая при шлифовкѣ металловъ, стекла, камня и т. д. Затѣмъ слѣдуетъ пыль животная (персть, шерсть и т. д.) и менѣе всего опасной оказывается пыль растительная (мучная, древесная, угольная и т. д.). Впрочемъ изъ послѣдняго разряда нужно исключить пыль хлопчатобумажную, влияние которой на человѣческій организмъ крайне вредно. На бумагопрядильныхъ фабрикахъ до 40% умершихъ приходится на долю острыхъ и хроническихъ легочныхъ заболеваний.

Еще большее значеніе въ санитарномъ отношеніи играетъ пыль, состоящая изъ микроорганизмовъ и бактерій, количество которыхъ въ жилыхъ помѣщеніяхъ при отсутствіи хорошаго обѣда воздуха, бываетъ весьма велико. Морской воздухъ почти абсолютно чистъ въ отношеніи микроорганизмовъ, между тѣмъ какъ въ жилыхъ помѣщеніяхъ количество бактерій колеблется отъ 5000 до 100.000 шт. въ 1 куб. метръ воздуха, въ зависимости отъ санитарныхъ условій жилищъ.

Взрослый человекъ ежедневно вдыхаетъ изъ себя 10 куб. метровъ воздуха, изъ чего можно заключить, какое огромное количество микроорганизмовъ остается въ дыхательныхъ путяхъ, и, конечно, между ними попадаютъ не мало и болезнетворныхъ, хотя большая часть микроорганизмовъ, попадающихъ въ воздухъ, не обладаетъ этимъ свойствомъ.

Температура комнатнаго воздуха.

Вліяніе комнатнаго воздуха на человѣческій организмъ не ограничивается однимъ измѣненіемъ его состава подъ вліяніемъ жизненныхъ процессовъ и условій человѣческаго обихода; не меньшее значеніе имѣютъ и тѣ температурныя условія, которыя окружаютъ человека въ его жилищѣ.

Для того, чтобы человекъ свободно располагать своимъ трудомъ и отдыхомъ, онъ долженъ находиться при тѣхъ температурныхъ условіяхъ, которыя для него наиболѣе пріятны въ данное время. Міръомъ здѣсь служитъ самочувствіе. Но такъ какъ пользоваться этимъ міриломъ приходится только тогда, когда источники тепла уже на мѣстѣ, то для опредѣленія ихъ величины необходимо раньше знать, какаѣ температура наиболѣе подходяща для различныхъ помѣщеній, въ которыхъ временно или постоянно находится человекъ.

Привожу таблицу температур, заимствованную из практики:

Назначеніе помѣщеній.	Таблица нормальн. температур.
1. Жилыя помѣщенія: школы, больницы	15° R
2. Залы для общественныхъ собраній	15° R
3. Казармы для рабочихъ на мануфактурахъ	16° R
4. Церквн	12° R
5. Вонзалы	12° R
6. Магазины	8—9° R
7. Мастерскія обыкновенныя	13—14° R
8. Вагонныя и паровозныя мастерскія	8—10° R
9. Придѣльны для хлѣба	20° R
10. Входныя лѣстницы	10—12° R
11. Ванныя комнаты	18—20° R
12. Рядѣльны въ баняхъ	20—22° R
13. Мыльни въ баняхъ	23—25° R
14. Парилки русскія	45—50° R
15. Парилки восточныя	50—55° R

Весьма важно, чтобы температура каждаго помѣщенія въ предѣлахъ пребыванія въ немъ людей была бы равномерна во всѣхъ его частяхъ, какъ въ вертикальномъ, такъ и въ горизонтальномъ направленіи. При сообщавшихся между собой помѣщеніяхъ однороднаго назначенія нужно стремиться къ той же равномерности температуръ. Принято считать допустимой разницу въ температурѣ помѣщеній однороднаго назначенія въ одну и ту же зданіи не свыше $1\frac{1}{2}^{\circ}$ R. Такая разница мало замѣтна для самочувствія и переносится безъ вреда даже для слабаго организма.

Движеніе комнатнаго воздуха.

Равномерность комнатной температуры достигается благодаря тому, что воздухъ въ жилыхъ помѣщеніяхъ всегда находится въ движеніи. Главная причина этому—охлажденіе воздуха у наружныхъ стѣнъ и нагреваніе у приборовъ отопленія. Кроме этого, вполнѣ естественнаго движенія воздуха, оно приводится въ движеніе и искусственно для цѣлей его обѣда.

Большая скорость движенія воздуха совершенно недопустима въ жилыхъ помѣщеніяхъ, особенно, если токъ его происходитъ при болѣе низкой температурѣ, чѣмъ комнатная. Скорость движенія воздуха вследствие разности температуръ различныхъ частей помѣщенія весьма по величина, но и она дѣлается замѣтной при большихъ высотахъ помѣщеній,

ДОДАТОК Б. ОХОРОНА ПРАЦІ

Б.1 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Б.1.1 Вимоги до конструкції обладнання систем вентиляції

Конструкція обладнання повинна забезпечувати безпечну роботу в разі дотримання вимог експлуатаційної документації, в яких повинно бути встановлено перелік неполадок, через які забороняється його подальша експлуатація. Наявність в конструкції обладнання гострих країв та кутів, які можуть стати джерелом травматизму людей під час його експлуатації та ремонту, не допускається.

Обертові частини обладнання згідно з ГОСТ 12.2.062 повинні мати захисні огорожі, пофарбовані у сигнальний колір відповідно до ГОСТ 12.4.026. Повинен бути позначений напрям обертання.

Рівні шуму, створювані обладнанням та вентиляційною системою на робочих місцях, не повинні перевищувати значень, встановлених ДСТУ 2867.

Рівні вібрації обладнання та вентиляційних систем під час роботи не повинні перевищувати значень, встановлених ГОСТ 12.1.012. В конструкції обладнання застосування матеріалів, що містять азбест, не допускається.

Вентиляційні системи не повинні збільшувати вибухову і пожежну небезпеку, не повинні сприяти розповсюдженню вибуху, пожежі і продуктів згорання в інші приміщення і будівлі (споруди). На випадок виникнення пожежі необхідно передбачати в приміщеннях, які обладнані установками автоматичного пожежогасіння чи автоматичної пожежної сигналізації, автоматичного, а в інших приміщеннях - ручного вимикання вентиляційних систем, які обслуговують ці будівлі або приміщення, крім систем подачі повітря в тамбур-шлюзи приміщень категорії А і Б згідно з планом ліквідації аварії.

Б.1.2. Вимоги до обслуговуючого персоналу.

На об'єктах повинні бути призначені особи, відповідальні за безпечну

експлуатацію систем вентиляції, які пройшли навчання та перевірку знань у відповідності до Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань робітників з питань охорони праці (ДНАОП 0.00-4.12-99) і мати допуск до самостійної роботи. Особа, яка відповідає за технічний стан та справність вентиляційних систем, зобов'язана забезпечити додержання вимог пожежної безпеки згідно з НАПБ А.01.001-95 під час їх експлуатації.

Б.1.3. Вимоги до електрообладнання.

Улаштування та розташування електрообладнання, пускорегулювальної та захисної апаратури обладнання, повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.32-01, ГОСТ 12.1.030. Під час експлуатації обладнання повинні виконуватися вимоги ДНАОП 0.00-1.21-98. Електрична схема обладнання повинна виключати можливість його самочинного вмикання і вимикання. Обладнання повинно мати затискач заземлювальний та знак заземлення, що відповідають вимогам ГОСТ 12.2.007.0 та ГОСТ 21130. Значення опору між заземлювальним затискачем та кожною доступною дотиканням металевою неструмовідною частиною обладнання, яка може бути під напругою в разі пошкодження ізоляції, не повинно перевищувати 0,1 Ом. Під час випробування електродвигуна необхідно слідкувати за початком обертання ротора і подальшим процесом досягнення електродвигуном нормальної кількості обертів. У разі повільного обертання ротора, відсутності обертання, гудінні електродвигун повинен бути негайно вимкнений для виявлення причин неполадок. У разі виявлення несправності пускового пристрою (рубильник, перемикач, магнітний пускач та інші) електродвигун не вмикати до усунення дефектів пускового пристрою. Працюючий електродвигун необхідно негайно вимикати у випадках:

- у разі появи диму або вогню із електродвигуна або його пускорегулювальної апаратури;
- у нещасних випадках;
- у разі великої вібрації електродвигуна;
- у разі виявлення несправності вентилятора;

- у випадку надмірного нагрівання підшипників або корпуса електродвигуна.

У разі необхідності застосування пасових передач вони та всі частини установок повинні виготовлятися з матеріалів, що мають питомий об'ємний електричний опір не більше ніж 105 Ом·м, зокрема, антиелектростатичні клинові ремені, а вся установка (огорожа та інші металеві предмети поблизу паса) повинна заземлятися. У випадку використання пасів, виготовлених з матеріалів з питомим об'ємним електричним опором більше за 105 Ом·м потрібно застосовувати один із засобів запобігання небезпечній електризації: - збільшення відносної вологості повітря в місцях розташування пасової передачі не менше до 70 % ; - електропровідні покриття (мастила) пасів; - в особливих умовах - іонізація повітря за допомогою нейтралізаторів, установлених з внутрішньої сторони паса, якомога ближче до точки його сходу зі шківу. Забороняється змащування пасів каніфоллю, воском та іншими речовинами, які збільшують поверхневий опір у вибухонебезпечних приміщеннях всіх класів. Ремонт електрообладнання вентустановок повинен виконуватись у відповідності з "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей".

Б.1.4. Вимоги до вентиляторів.

Перед початком експлуатації вентиляційних систем після монтажу або реконструкції повинні бути проведені випробування і на кожен вентиляційну установку повинен бути складений паспорт, в якому позначаються схема установки, її продуктивність, тип і характеристика вентилятора і електродвигуна, переріз (діаметр) та довжина повітропроводів. У процесі експлуатації випробування на ефективність проводиться не рідше одного разу на рік у вибухонебезпечних зонах класів 0, 1, 2 та один раз на три роки в інших зонах. За результатами випробування на ефективність повинен бути виданий технічний звіт, в якому подаються схеми вентиляційних пристроїв, їх продуктивності, типи і характеристика вентиляторів і двигунів, повітрообміни в приміщеннях, таблиці метеорологічного і санітарно-

гігієнічного стану повітря в приміщенні та висновки про ефективність роботи вентиляції. Випробування проводять організація, яка має Атестат акредитації, виданий УкрЦСМ та Дозвіл на початок роботи, виданий органами Держнаглядохоронпраці. Кожній вентиляційній системі повинно бути присвоєно позначення і порядковий номер, які наносяться яскравою фарбою на кожусі вентилятора або поблизу вентилятора на повітроводі. Системи витяжної і припливної вентиляції, які обслуговують приміщення категорії А і Б, повинні комплектуватися вентиляційними агрегатами у вибухозахищеному виконанні, а у випадку встановлення зворотних та вогнезатримуючих клапанів припливні системи комплектуються обладнанням у звичайному виконанні - за СНиП 2.04.05-91. У випадках використання вибухозахищених вентиляторів, які закуплені за кордоном або виготовляються за іноземними ліцензіями, документація на них повинна підлягати експертизі в експертно-технічних центрах Держнаглядохоронпраці або в спеціалізованій організації, яка має дозвіл Держнаглядохоронпраці на виконання таких робіт. Вибухозахищені вентилятори повинні комплектуватися вибухозахищеними двигунами з необхідним рівнем вибухозахищеності у відповідності до вимог "Правил будови електроустановок". Пуск радіальних вентиляторів, починаючи від №8 та більше, згідно з ГОСТ 10616, слід проводити з закритим дросельним пристроєм.

Пуск паралельно з'єднаних вентиляторів у складі обладнання, які працюють на одну мережу, повинен виконуватись одночасно. Вибухозахищені вентилятори, які встановлені у вибухонебезпечних зонах класів 0, 1 і 2 повинні бути укомплектовані віброізоляторами у вибухозахищеному виконанні.

У процесі експлуатації вибухозахищених вентиляторів необхідно слідкувати за тим, щоб віброізолятори не знаходились у воді. Усі деталі вибухозахищених вентиляторів мають бути надійно закріплені.

Вентилятори підлягають вимиканню при підвищеній вібрації, виникненні ударів, зайвого шуму, вогню або диму, підвищенні температури корпусу

електродвигуна, корпусів підшипників та інших частин вентилятора вище допустимої, тріщин у фундаменті, витоку газів або парів з вентилятора або повітроводу. Вибухозахищені (та інші) вентилятори, які відпрацювали визначений нормативно-технічною документацією ресурс, підлягають заміні на нові, що мають аналогічні (або сумісні) характеристики. У разі неможливості заміни, розпорядженням визначається організація, яка оцінює технічний стан і обов'язково остаточний ресурс обладнання, а також умови експлуатації та ремонтно-відповідальні заходи, які необхідні для подальшої експлуатації. Справність і роботу вентиляційного обладнання, яке обслуговує приміщення категорії А і Б, повинен перевіряти експлуатаційний персонал не рідше одного разу за зміну із занесенням результатів перевірки в експлуатаційний журнал. Експлуатація вентиляторів із порушенням вимог щодо їх вибухозахищеності забороняється.

Для одночасного вимикання вентиляторів, встановлених у вибухонебезпечному приміщенні, повинен бути передбачений пристрій, встановлений поза будовою.

У випадку зупинки вентилятора внаслідок розбалансування робочого колеса, перед наступним пуском необхідно перевірити стан вала і підшипників.

У разі тривалих перерв у роботі вентилятора через кожні 3-4 тижні необхідно здійснювати короткочасний запуск його для запобігання корозії у підшипниках.

Резервні вентилятори необхідно через кожні 3-4 тижні простою опробовувати шляхом короткочасного пуску в роботу. У процесі експлуатації вибухозахищених вентиляторів повинен здійснюватися контроль за щільністю прилягання щіток до вала привода для зняття статичної електрики з робочого колеса. Періодичність та спосіб контролю повинні бути вказані в інструкції з експлуатації вентиляторів. Вали вентиляторів і електродвигунів, з'єднаних за допомогою муфт, повинні бути співвісними. Вали вентиляторів і електродвигунів, з'єднаних пасовою передачею, повинні бути паралельні, а канавки шківів - одна напроти другої. У разі виходу із ладу одного паса -

замінити весь комплект пасів. Не дозволяється комплектація нових пасів з пасами, що були в експлуатації.

Змащування рухомих деталей механізмів вентиляційних систем повинні здійснюватися тільки після повної їх зупинки. До місць змащування повинен бути забезпечений безпечний і зручний доступ.

Службі головного енергетика (контрольно-вимірювальних приладів і автоматики) необхідно кожного місяця проводити перевірки (з оформленням запису в журналах з експлуатації систем вентиляції) працездатності дистанційного пристрою для вимикання вентиляційних установок при пожежах або аваріях з пультів управління, спеціальних щитів, від пускачів, встановлених при вході в виробниче приміщення, або в других місцях.

Під час складання планів реконструкції виробництва, пов'язаних зі зміною прийнятих технологічних схем, виробничих процесів і обладнання, повинні одночасно розглядатися питання про необхідність заміни існуючих вентиляційних систем або про можливість їхнього використання в нових умовах.

Вентиляційні системи, які не підлягають використанню внаслідок зміни технологічних схем і обладнання, повинні бути демонтовані.

Б.1.5. Вимоги до повітроводів.

Опори конструкцій кріплення повітроводів вентиляційних систем повинні бути надійними, не передавати вібрації, відповідати проекту їх розмірів та прив'язок до будівельних конструкцій.

Повітроводи повинні бути закріплені так, щоб їх вага не передавалася на вентиляційне обладнання. Повітроводи повинні під'єднуватися до вентиляторів через віброізолюючі м'які вставки із матеріалу, який забезпечує гнучкість, щільність і довговічність.

Стики повітроводів вентиляційних систем не повинні розміщатися в стінах, перегородках і перекриттях.

Усередині повітроводів і на відстані менше за 50 мм від їх стінок не допускається розміщати газопроводи і трубопроводи з горючими речовинами,

кабелі, електропроводку і каналізаційні трубопроводи? не допускається також перетинання повітроводів вищезгаданими комунікаціями.

Повітроводи для приміщень виробництва категорії А і Б і повітроводи систем місцевих відсмоктувачів вибухонебезпечних сумішей не повинні проходити в підвалах і каналах під підлогою.

У приміщеннях виробництва категорій А і Б все вентиляційне обладнання, металеві повітроводи повинні бути заземлені так, щоб змонтована мережа становила собою єдиний електричний ланцюг. У місцях розташування м'яких неметалевих вставок між повітропроводами та вентиляційним обладнанням влаштовуються гнучкі металеві перемички.

На повітропроводах систем загальнообмінної вентиляції та повітряного опалення необхідно передбачати, для попередження проникнення в приміщення продуктів горіння (диму), під час пожежі такі пристрої:

а) вогнезатримуючі клапани -- на поверхових збірних повітропроводах в місцях приєднання їх до вертикального колектора для громадських і адміністративно-побутових приміщень і виробничих приміщень категорії Г;

б) вогнезатримуючі клапани -- на повітропроводах, що обслуговують приміщення категорії А, Б або В, встановлюються безпосередньо біля чи за протипожежною перешкодою і повинні забезпечувати межу вогнестійкості (від перешкоди до клапана) не менше межі вогнестійкості протипожежної перешкоди;

г) вогнезатримувачий клапан -- на кожному транзитному збірному повітроводі на відстані не далі ніж 1м від найближчого до вентилятора відгалуження), що обслуговує групу приміщень однієї з категорій А, Б або В загальною (крім складів) площею не більше ніж 300 м² в межах одного поверху з виходами в загальний коридор;

д) зворотні клапани -- на окремих повітропроводах для кожного приміщення категорії А, Б або В у місцях приєднання їх до збірного повітропроводу або колектора.

На повітропроводах припливних систем, що обслуговують приміщення

категорій А і Б з кімнатами адміністрації, відпочинку слід передбачати зворотні клапани в місцях перетину повітроводами загороджень приміщень для вентиляційного обладнання.

Регулюючі пристрої на повітроводах повинні легко відчинятися і зачинятися.

Місця перетинання повітроводами огорожуваних конструкцій необхідно ущільнювати негорючим матеріалом, забезпечуючи їх нормовану межу вогнестійкості. Поверхні всіх повітроводів повинні бути пофарбовані масляною фарбою.

Б.1.6. Вимоги до приміщень для вентиляційного обладнання

Приміщення для обладнання витяжних вентиляційних систем необхідно відносити до категорії вибухопожежонебезпечних тих приміщень, які вони обслуговують.

Приміщення для вентиляційного обладнання повинні закриватись на замок, а на дверях мають бути таблички з написами, які забороняють вхід стороннім особам і вказують категорію приміщення. Не допускається зберігання в цих приміщеннях матеріалів, інструментів та інших сторонніх предметів.

Профілактичні огляди приміщень для вентиляційного обладнання, що обслуговують приміщення з виробництвами категорії А, Б і В, повинні проводитися не рідше одного разу в зміну.

Прокладати труби з легкозаймистими і горючими рідинами, газами через приміщення для вентиляційного обладнання забороняється.

Приміщення для вентиляційного обладнання повинні мати штучне освітлення за СНиП II-4-79, а також вільний доступ до встановленого в них обладнання для обслуговування і ремонту.

У приміщеннях для обладнання витяжних систем слід передбачати витяжну вентиляцію з однократним повітрообміном за одну годину.

У приміщеннях для обладнання припливних систем слід передбачати припливну вентиляцію з двократним повітрообміном за одну годину,

використовуючи обладнання в приміщенні або окремі системи.

У приміщеннях для вентиляційного обладнання вивішуються схеми вентиляційних систем з позначенням приміщень, які вони обслуговують.

Б.1.7. Вимоги до калориферів.

Конструкція калориферів повинна виключати можливість випадкового доторкання працюючих людей до гарячих частин. Обслуговуючий персонал повинен щоденно оглядати калориферні установки і у випадках виявлення витоків у калориферах, фланцевих з'єднаннях, арматурі чи трубопроводах негайно вжити заходи щодо усунення виявлених нещільностей. Калорифери повітряного опалення і припливної вентиляції, по мірі їх забруднення, повинні продуватися стисненим повітрям або парою.

Б.1.8. Вимоги до фільтрів повітряних.

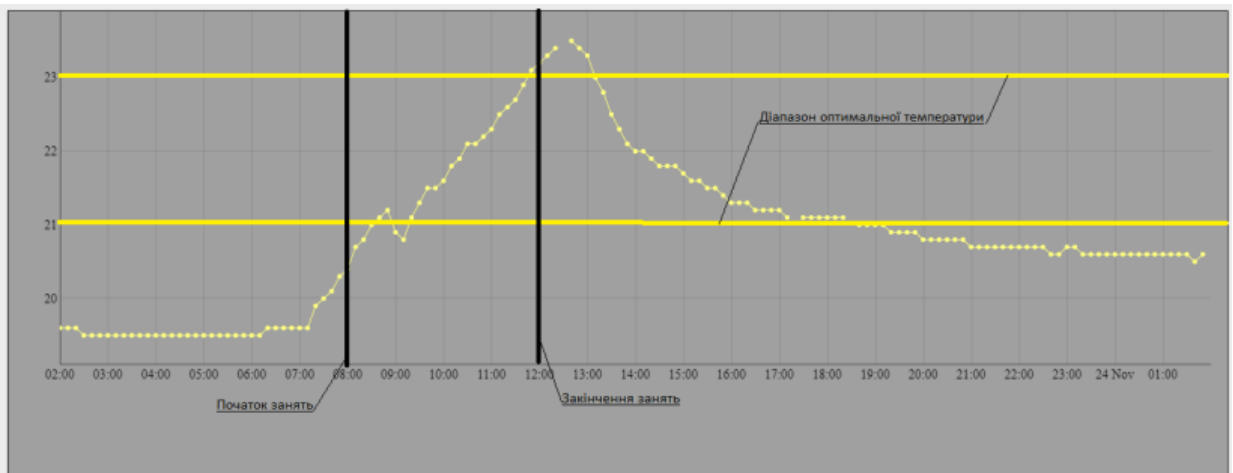
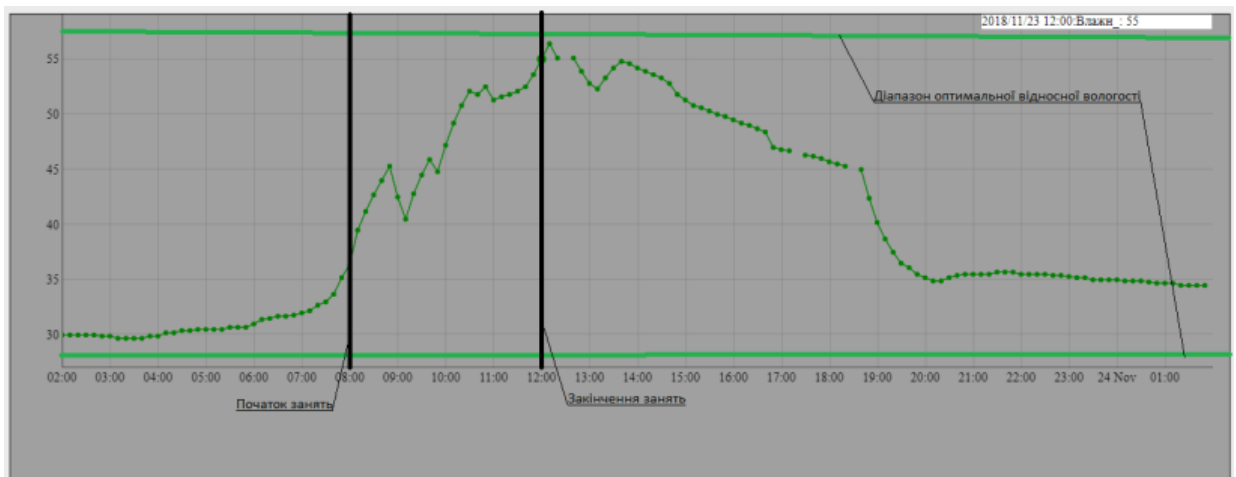
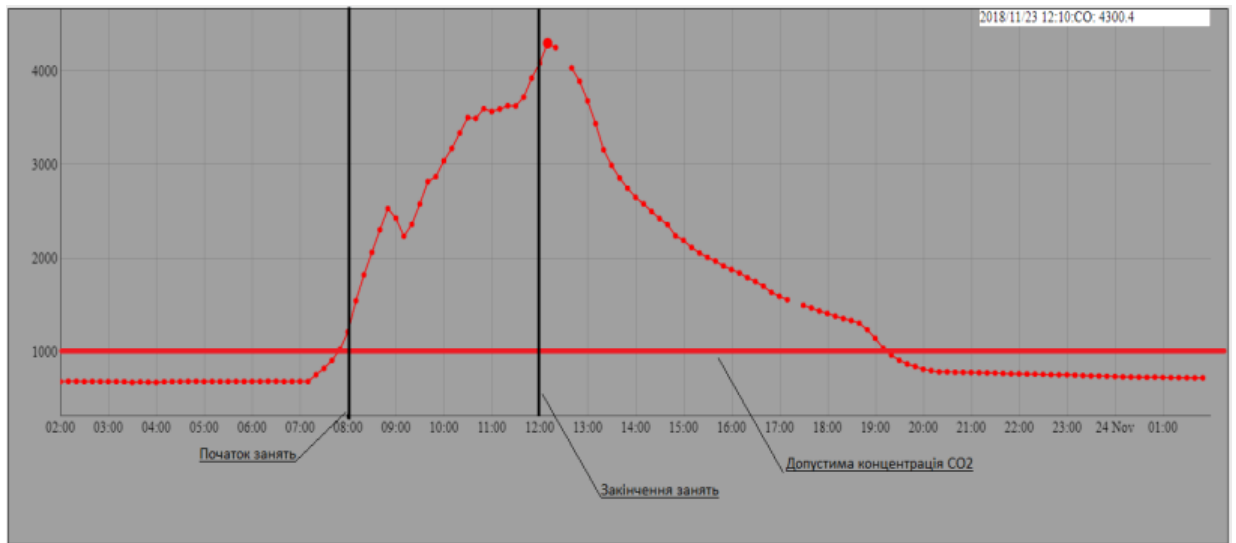
Під час роботи з фільтрувальними матеріалами в місцях його зберігання та поблизу повітряних фільтрів на відстані, менше ніж два метри, забороняється користуватися вогнем, проводити зварювальні роботи, палити (ДСТУ 3191).

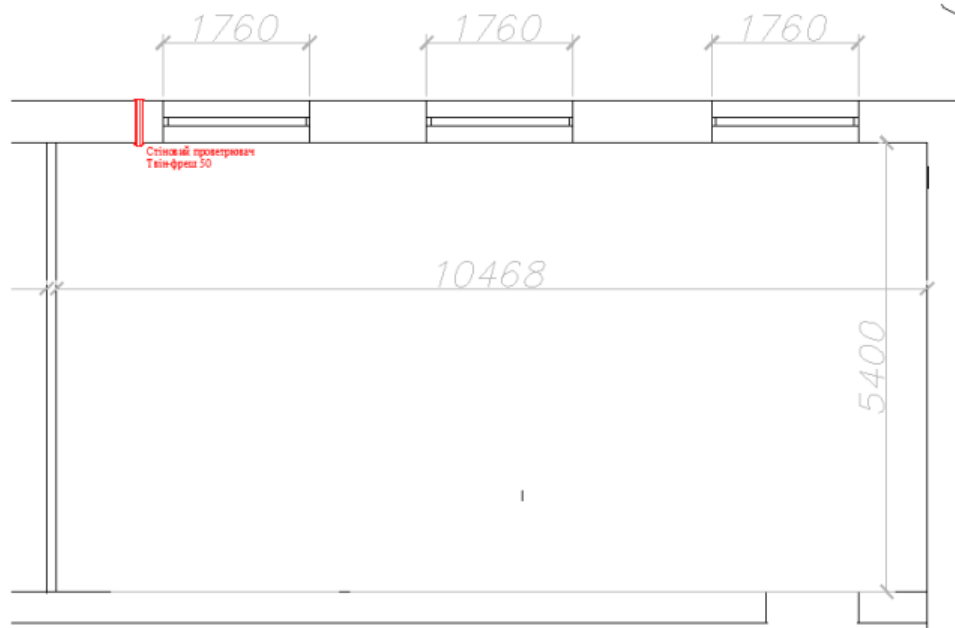
Роботи із запиленним фільтрувальним матеріалом необхідно виконувати у засобах індивідуального захисту.

У разі досягнення граничних значень аеродинамічного опору повітряних фільтрів, встановлених у технічних умовах на конкретні типи фільтрів, фільтрувальний матеріал підлягає заміні або регенерації.

ДОДАТОК В. РЕЗУЛЬТАТИ ПЕРЕВІРКИ РОБОТИ НА АНТИПЛАГІАТ

ДОДАТОК Г. РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ





Заняття в першому класі однієї з шкіл м. Кропивницький

Площа класу..... 10,47x5,4=56,54м²

Фактична кількість учнів під час контролю n=26



Отчет по ИК-изображению FLIR

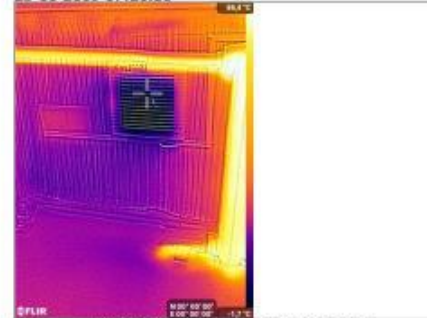
Измерения (°C)

Точка	2,3
-------	-----

Параметры

Коеф. излучения	0,90
Отраж. темп.	25,00 °C
Расстояние	1,00 m
Относительная влажность	50,00 %
Температура окружающего воздуха	20,00 °C
Пропускание	0,94
Температура ИК-окна	19,18 °C
Пропуск. ИК-окна	0,83
Широта	N 00° 00' 00"
Долгота	E 00° 00' 00"

28-11-2019 17:21:50



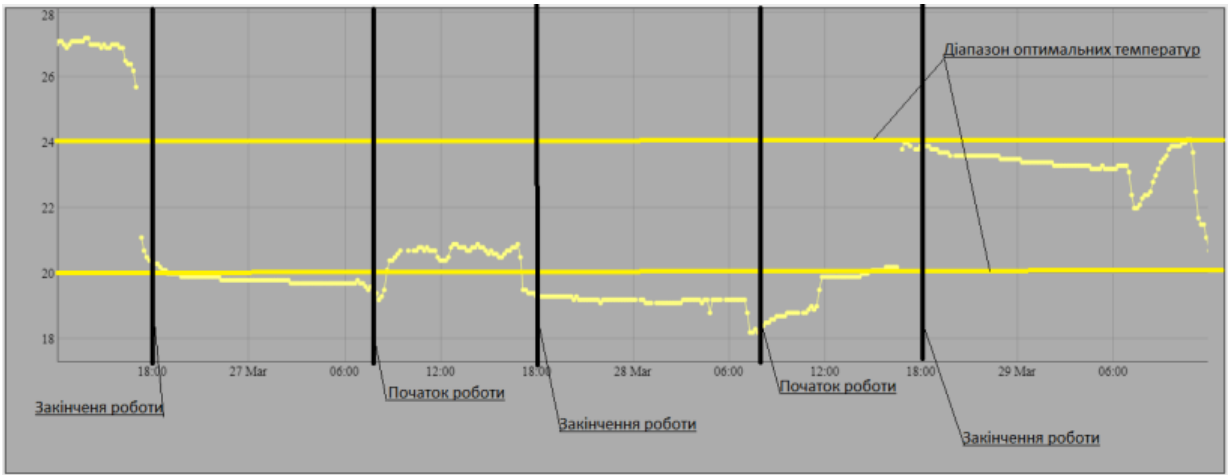
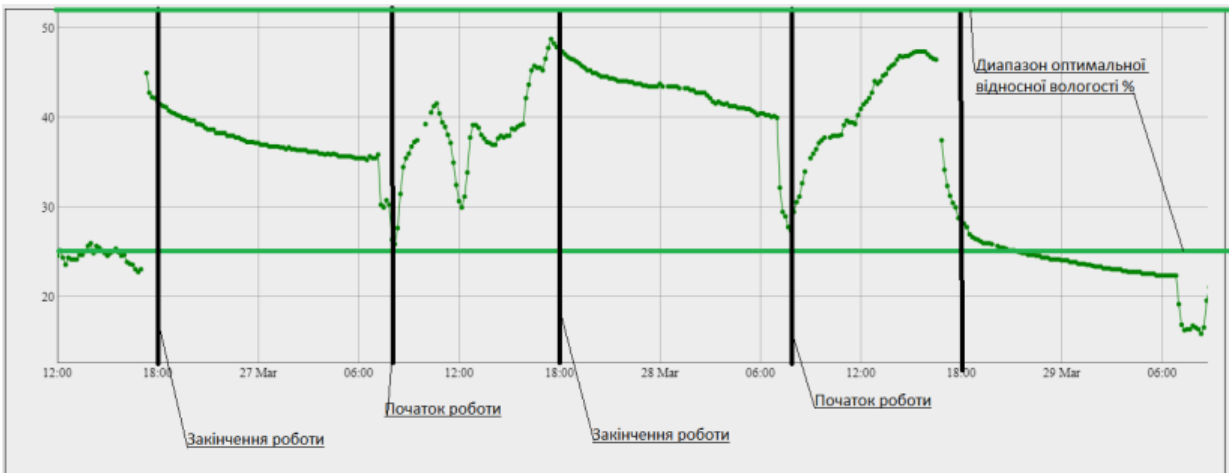
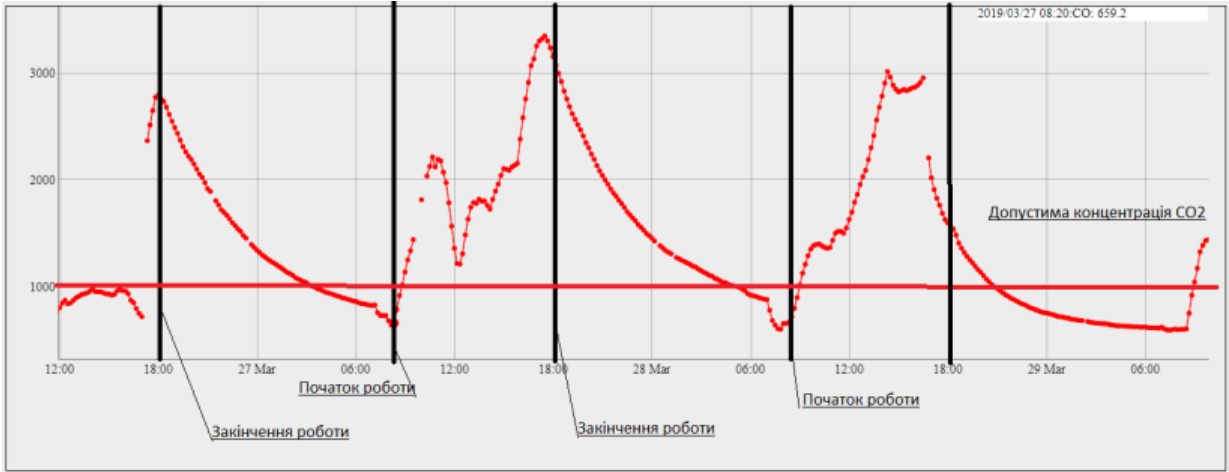
Широта: N 00° 00' 00", Долгота: E 00° 00' 00"
flir_20191128T172150.jpg

28-11-2019 17:21:50



Широта: N 00° 00' 00", Долгота: E 00° 00' 00"

В класі встановлений стіновий провітрювач "Твін-Фреш" ТОВ "Вентс"
Продуктивністю 50м³/год

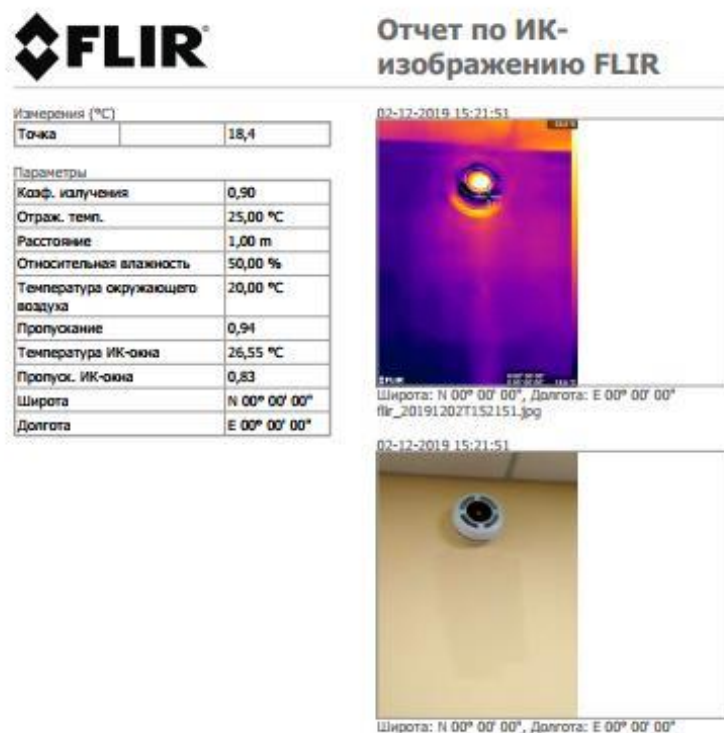




Офіс ІТ компанії

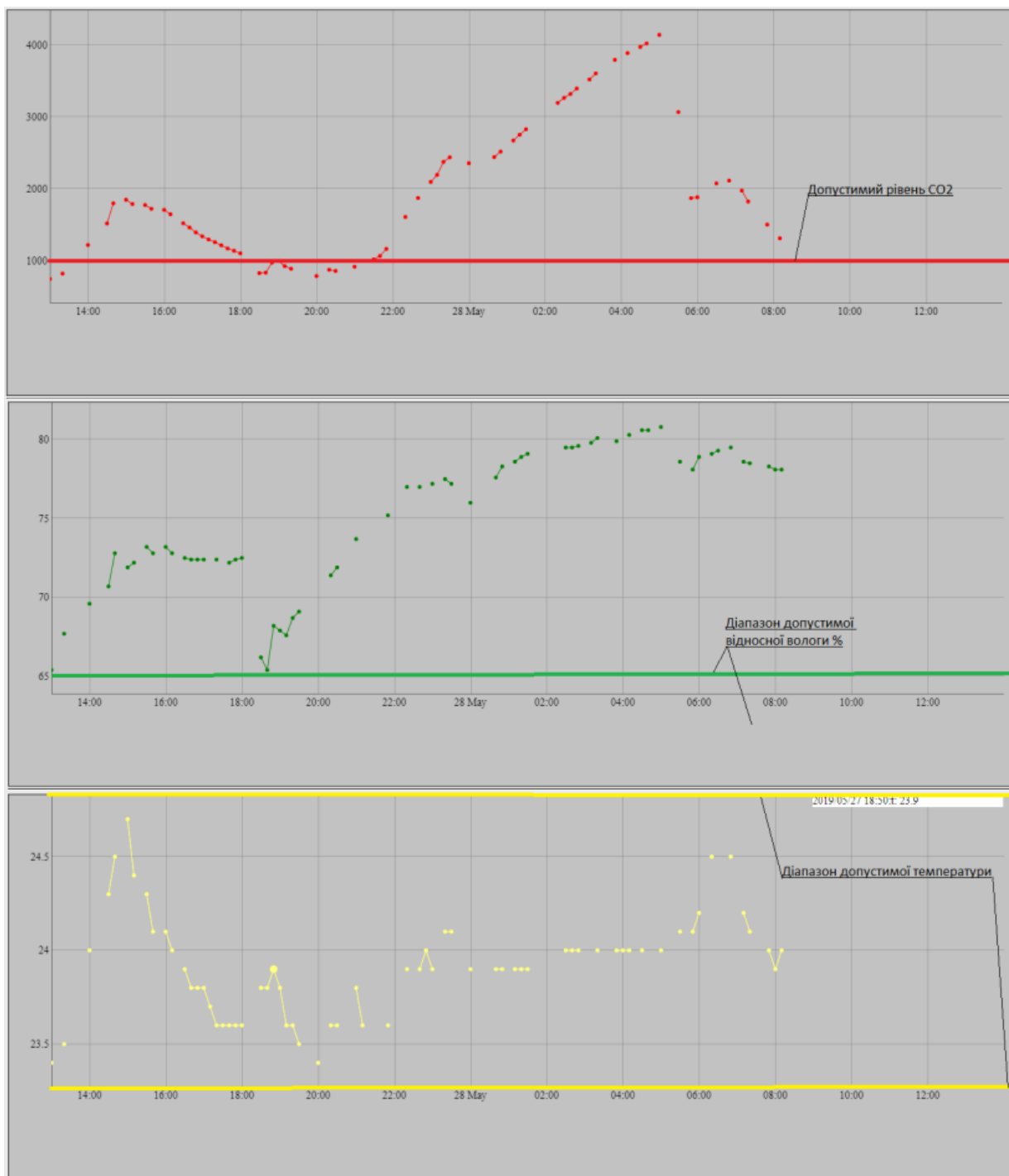
Площа офісу..... $8,7 \times 5,7 = 49,6 \text{ м}^2$

Фактична кількість працівників під час контролю $n=9$



Періодично працює стіновий рекуператор Прана 150 із електричним підігрівом припливного повітря.

ТЕПЛІЙ ПЕРІОД

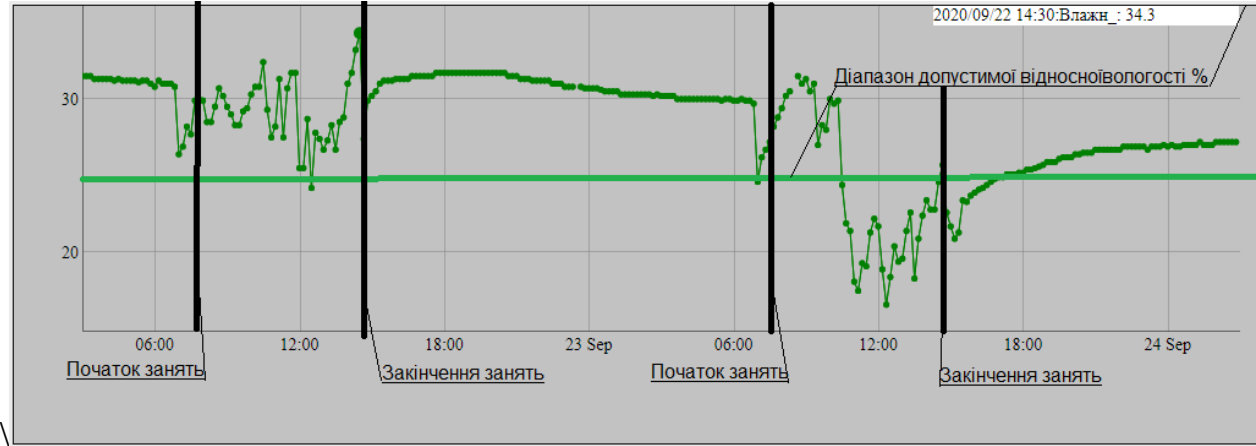
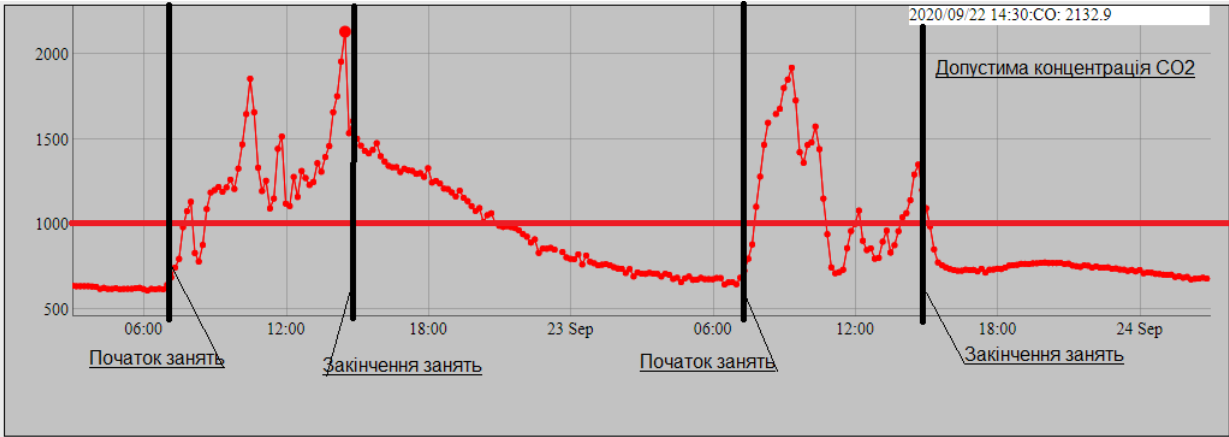
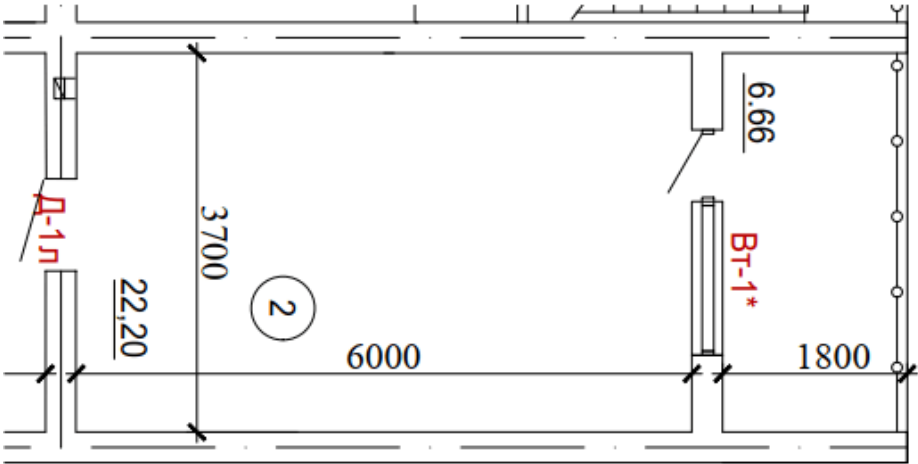


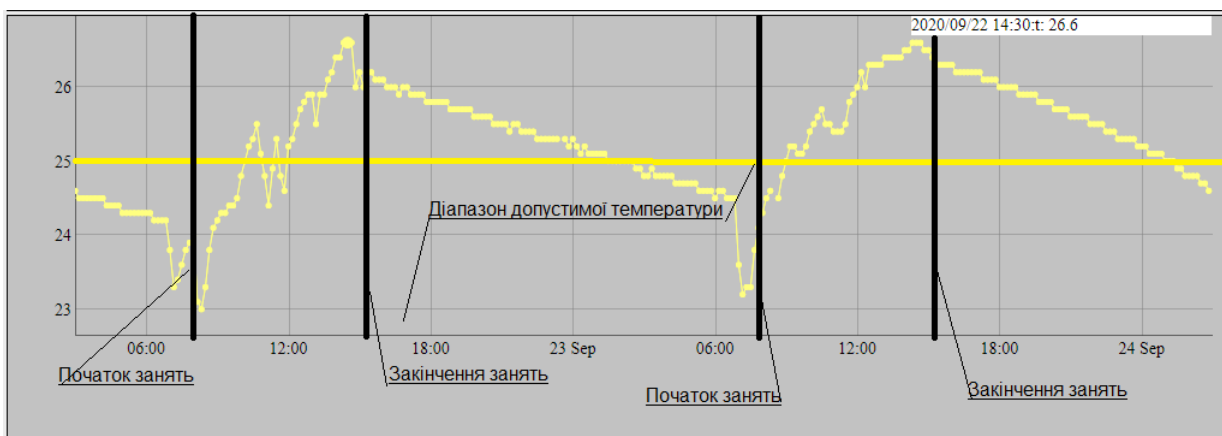
Гуртожиток обслуговуючого персоналу однієї з баз відпочинку сел.. Кирилівка, Запорізької обл.

В помешканні проживало 6 робітників обслуговуючого персоналу бази.

Балконні двері були весь час у режимі провітрювання.

План помешкання





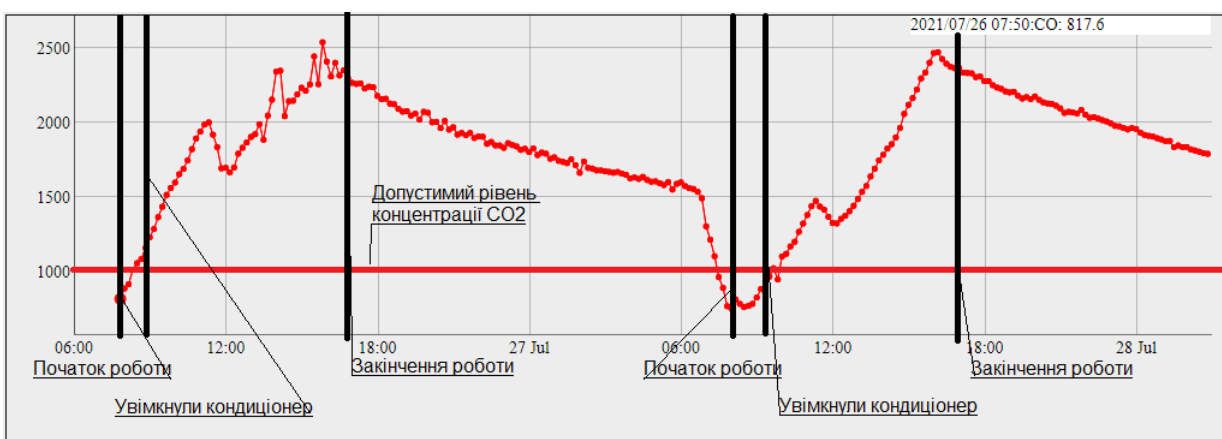
Показники мікроклімату однієї з шкіл Кіровоградської області

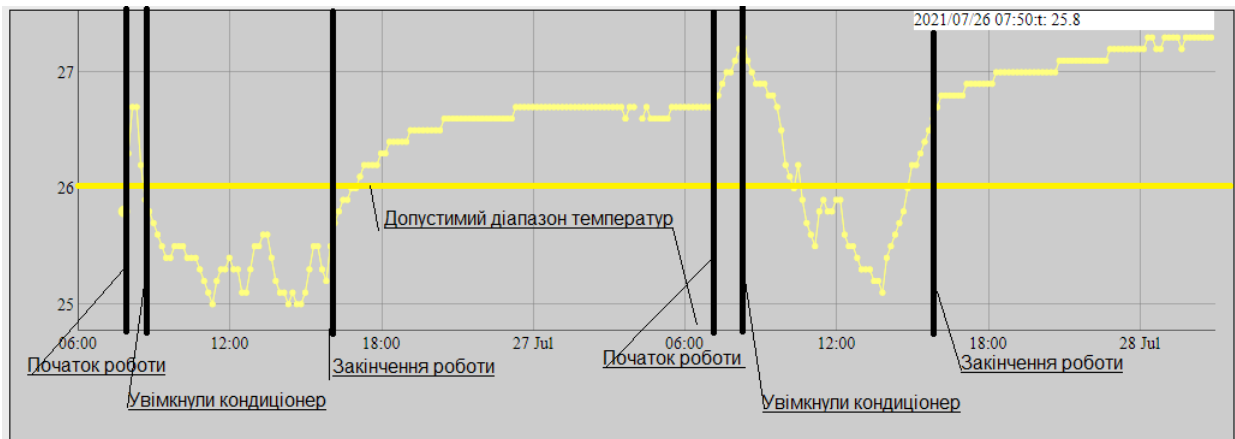
Восьмий клас

Площа класу..... $10,47 \times 5,4 = 56,54 \text{ м}^2$

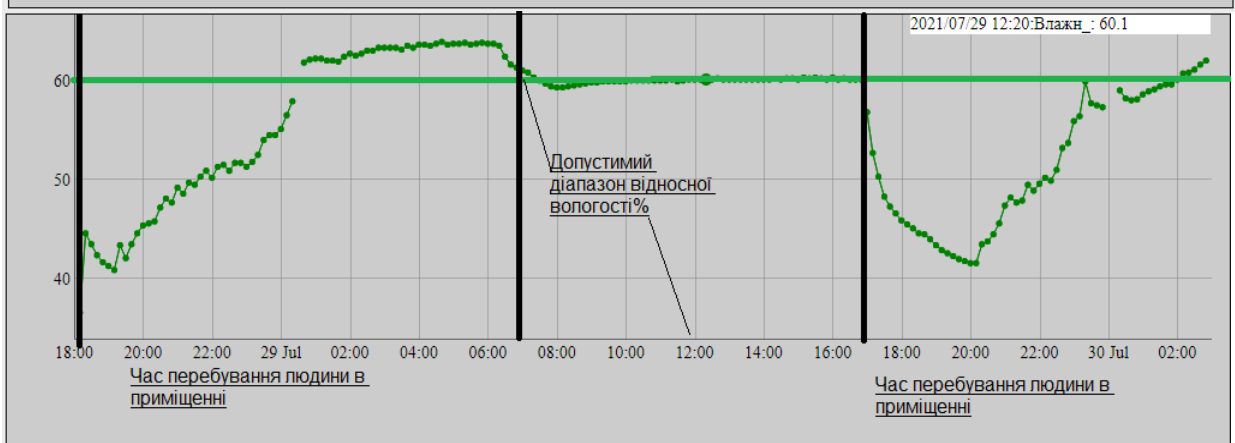
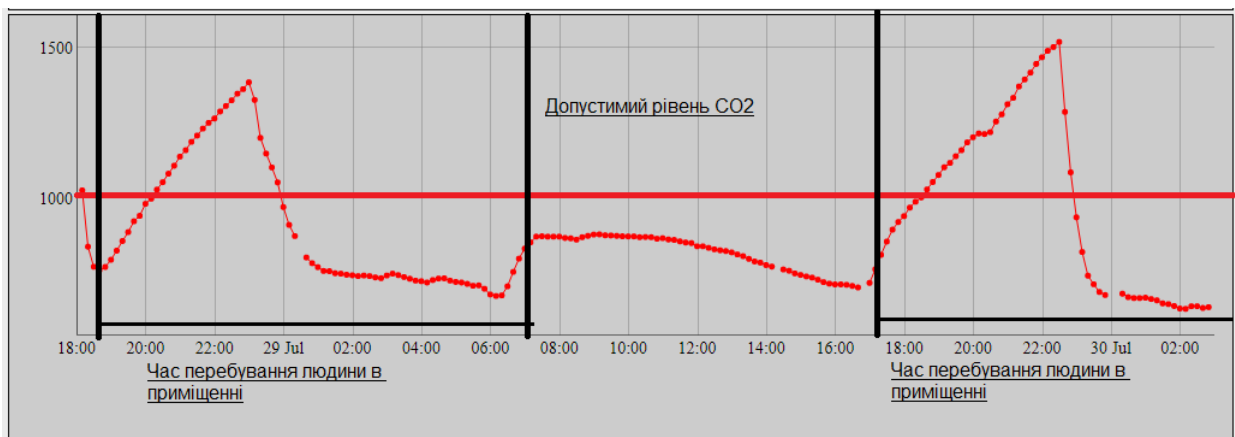
Фактична кількість учнів під час контролю $n=15$

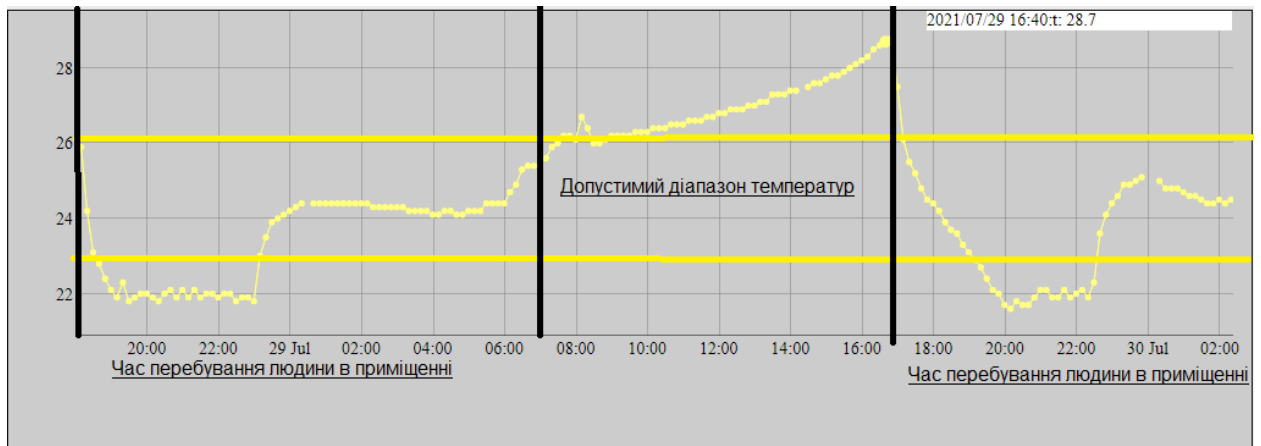
Два вікна в класі постійно в режимі провітрювання.





Кімната звичайного офісу
Площа кімнати 15м²
Кількість працівників 3





Спальня кімната приватного житлового будинку.

Площа кімнати 15м²

В кімнаті знаходиться одна людина.