



ФРАГМЕНТИ ТЕХНІЧНИХ ЗВІТІВ

з енергетичного аудиту будівель дитячих закладів з питань оцінки повітрообміну будівель, рівня забруднення повітря приміщень, негативного впливу забруднень на людей та пропозицій заходів по покращенні повітрообміну.

Вступ.

В Україні склалась ситуація, при якій у громадському секторі наявна проблема, яку можна віднести до прихованих, але надзвичайно важливих. На жаль в Україні практично відсутні дії щодо переведення цієї проблеми із прихованих у розряд злободенних. Мова йде про громадські будівлі, а точніше про стан мікроклімату у приміщеннях громадських будівель. Особливо ця тема важлива для дитячих закладів, в яких діти перебувають регулярно і тривалий час. Ця тема відноситься до незручних і тому практично замовчується. Створення нормативного повітрообміну потребує значних коштів, великих турбот і при цьому відсутній показний ефект. Інша справа – утеплений фасад – це всім видно і можна довго звітувати та сподіватись на лояльність електорату.

Забруднене повітря дитячих закладів – це захворюваність із широким спектром видів захворювань, які проявляються не відразу, а через роки. Статистика, яка б допомогла відстежувати зв'язок захворювань із умовами приміщень, де проводиться значна частина життя дітей, в Україні не ведеться.

В цій роботі приведені приклади досліджень та оцінки одного дошкільного дитячого закладу та однієї школи. Проілюстровані приклади заходів, рекомендованих для покращення повітрообміну у приміщеннях без застосування капітальних витрат. Мова йде про найпростіші заходи, що стосуються задіяння та ефективного використання вже існуючих у будівлях систем природного повітрообміну, які частково покращають повітрообмін.

Наявність об'єктивної інформації про стан повітрообміну у громадських будівлях дають підстави для прийняття управлінських рішень та пошуку аргументів до залучення фінансування для принципового покращення мікроклімату у приміщеннях та підвищення рівня енергоефективності.

Приведені матеріали звітів містять окремі частини цієї роботи, що ілюструють виключно оцінку якості внутрішнього повітря та заходів по покращенню мікроклімату у будівлях.

У цьому розділі мого портфолію, крім матеріалів звітів про проведені енергетичні аудити, розміщені матеріали підготовленої мною Презентації, що надає важливу інформацію з питань повітрообміну та чистоти повітря у приміщеннях.

Зміст.

1. Фрагменти технічних звітів з питань оцінки повітрообміну та забруднення повітря на 19 арк.
2. Матеріали Презентації з питань повітрообміну та чистоти повітря приміщень на 8 арк

Обстеження будівлі дитячого закладу.

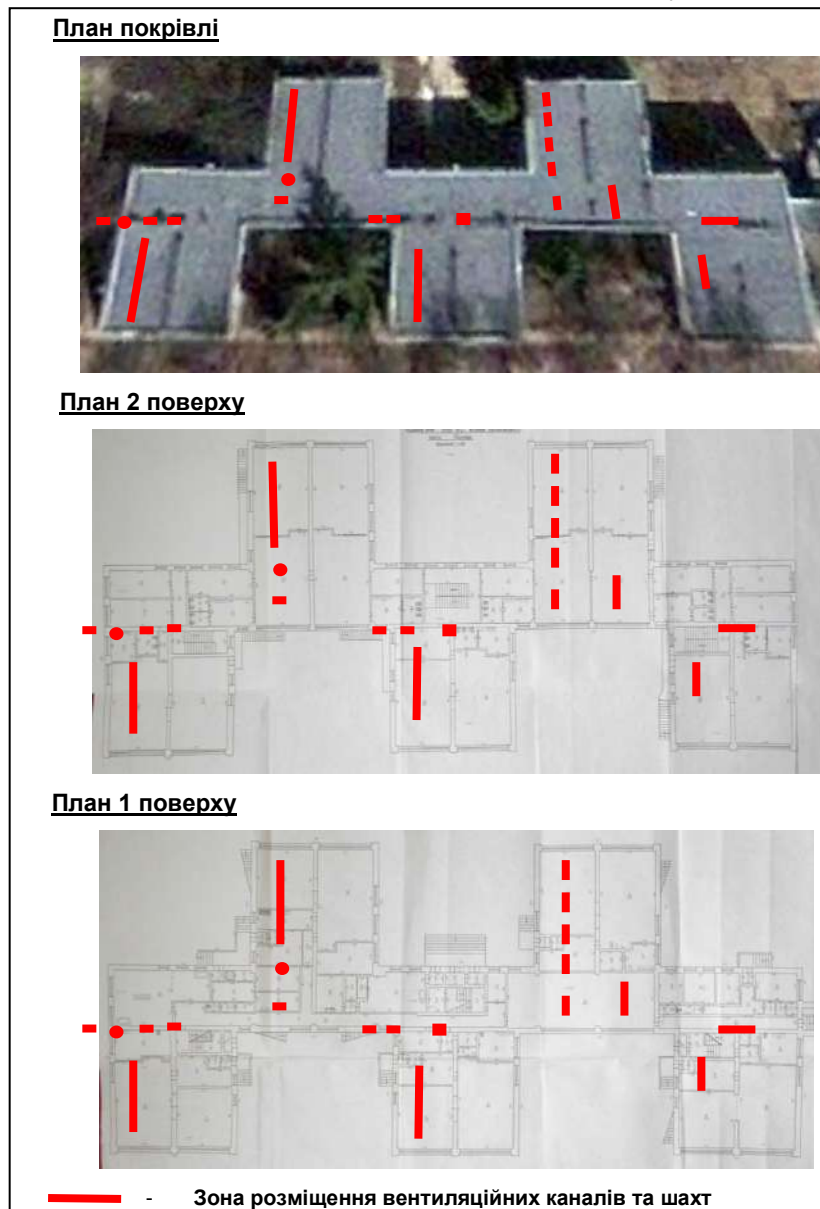
До проведення інструментальних вимірів та надання оцінок проводиться візуальне обстеження будівель та опитування персоналу, в тому числі щодо існуючих систем вентиляції.

Обстеження вентиляції будівлі.

Проектом будівлі дитячого закладу передбачалось улаштування доволі потужної вентиляції, яка мала забезпечувати повітрообмін у приміщеннях закладу, що відповідає сучасним вимогам. У приміщеннях кухні та пральні передбачалась механічна припливно-витяжна вентиляція з підігрівом повітря. У всіх інших приміщеннях передбачалась природна вентиляція. Витяжка – через вентиляційні канали, що прокладені у внутрішніх стінах та через вентиляційні шахти, що встановлені на покрівлі. Приплив повітря – через нещільності вікон та відкривання кватирок.

На рисунку 3.4 приведені плани покрівлі та поверхів будівлі із нанесенням місць розташування вентиляційних каналів та шахт.

Рисунок 3.4





По результатам проведенного обследования існуючий стан систем припливно-витяжної вентиляції можна оцінити наступним чином:

1. Система припливної вентиляції, з калорійною установкою для підігріву повітря, знаходиться у зруйнованому стані та не функціонує багато років.



Зруйнована калориферна установка



Непрацюючий припливний повітровод

У приміщенні кухні та пральні до цього часу є повітроводи, по яким повітря у приміщення не поступає.

2. У приміщенні кухні змонтована відносно нова витяжна вентсистема місцевою витяжки, яка функціонує (це єдиний позитивний момент щодо вентиляції).



3. Вентсистеми природної витяжки практично всіх приміщень закладу (див. рисунок 3.4) не функціонують через те, що фактично всі витяжні решітки у приміщеннях закриті шпалерами. Причиною закриття витяжних решіток є:

- обмежені нормативи витрат тепла на обігрів будівлі;
- низький рівень освідченості персоналу про важливість дотримання вимог мікроклімату;
- неякісні витяжні шахти, що інколи є причиною потрапляння зовнішнього холодного повітря безпосередньо у дитячі приміщення.



Декоративно закриті витяжні решітки



Зруйнована та «герметизована» витяжна шахта

Загальний стан повітрообміну у дитячому закладі можливо оцінити, як незадовільний. Ситуація суттєво ускладнена після встановлення повного комплекту герметичних віконних склопакетів.

У розділі 3.6 звіту та в додатку 7 до звіту приведена інформація про виконання інструментальних вимірів параметрів мікроклімату (температури, відносної вологості та концентрації CO₂) у приміщеннях закладу.

В рамках проведення комплексного енергетичного аудиту проведений інструментальний контроль параметрів мікроклімату у приміщеннях дитячого садка та аналіз рівня забруднення повітря приміщень.

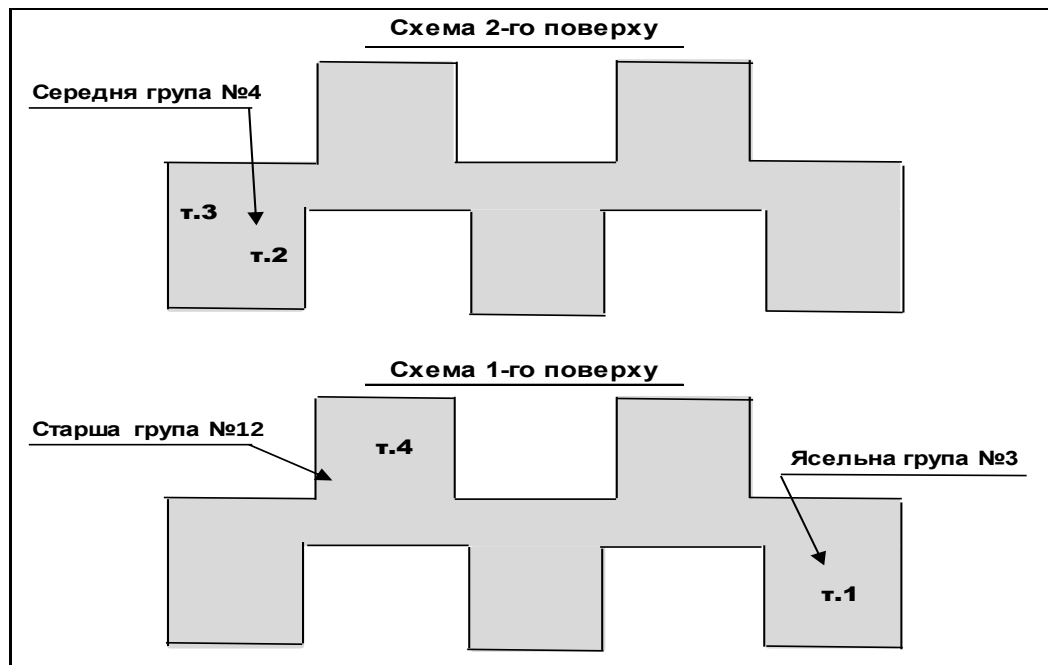
Звіт про проведення контролю та оцінку фактичних параметрів мікроклімату представлений у загальному звіті у вигляді додатку, що приводиться нижче.

ЗВІТ

про моніторинг параметрів мікроклімату у приміщеннях ДНЗ

Контролю підлягають такі параметри мікроклімату у приміщеннях дитячого закладу: температура ($t_{\text{в}}$), відносна вологість ($\Phi_{\text{в}}$), концентрація вуглекислого газу (C_{CO_2}). Моніторинг параметрів мікроклімату проводився безперервно в період з 18 год 30 хв 25 березня 2019 року до 16 год 00 хв 29 березня 2019 року. Моніторинг параметрів мікроклімату проводився шляхом послідовного вимірювання параметрів мікроклімату в 4-х точках дитячого закладу. Вимірювальні прилади працювали на протязі однієї доби в кожній точці вимірювання. Точки вимірювань були вибрані за принципом охоплення приміщень з дітьми різних вікових груп. Крім того враховувались температурні режими, що склались у приміщеннях. Була вибрана для моніторингу група з постійним «перегрівом» приміщення та група з постійним «недогрівом» приміщення. На рисунку 1 приведена схема розміщення точок вимірювання

Рисунок 1



Точка вимірів т. 1

Ясельна група №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 вимірів т. 2

Середня група № 4. Приміщення ігрової. В 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 нагрівом електричними нагрівачами.

Точка вимірів т. 3

Приміщення спальні приведеної вище групи.

Точка вимірів т. 4

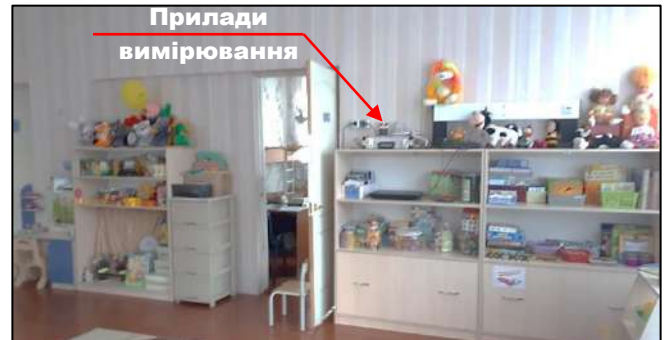
Старша група № 12. Вимірювання проводились у ігровому приміщенні групи.

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



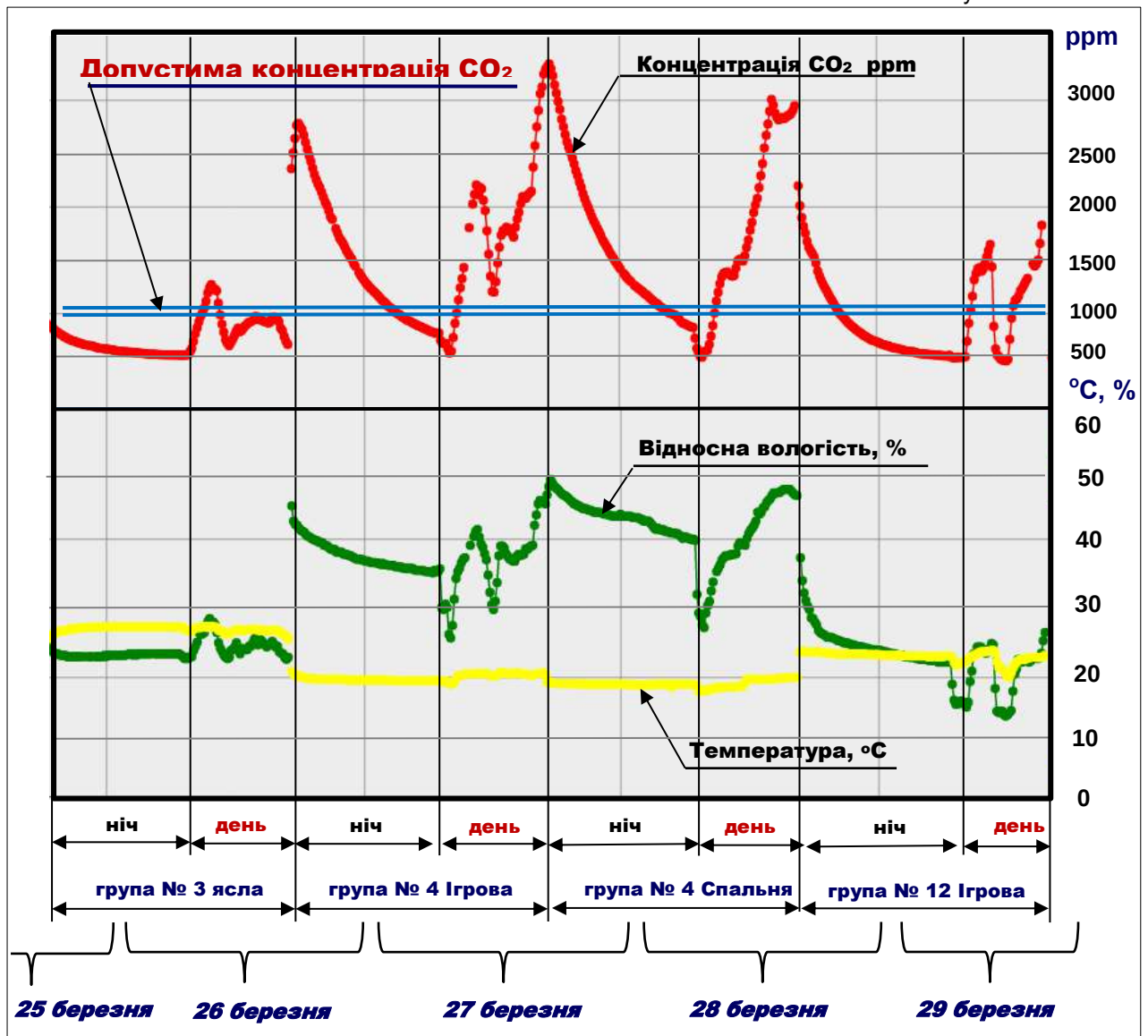
Для контролю параметрів мікроклімату у приміщеннях застосований комплекс вимірювання, що складається з датчиків температури, відносної вологості та концентрації вуглекислого газу. Крім того до складу комплексу вимірювання входять: контролер, блок живлення та інші додаткові елементи.

Вимірювальний комплекс встановлюється на висоті 1,5 – 1,6 метри від підлоги в зоні недосяжній для дітей.



Загальна картина змін параметрів мікроклімату у приміщеннях дитячого закладу у період проведення вимірювань приведена на рисунку 2

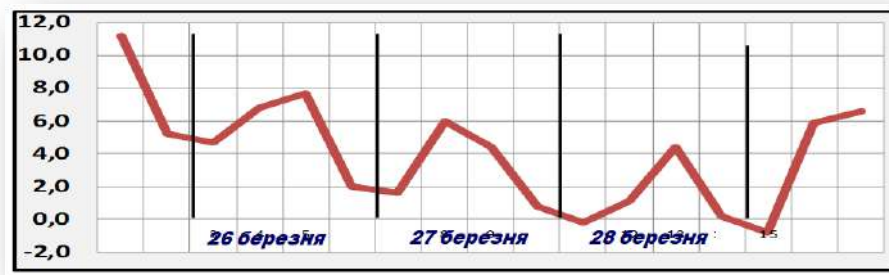
Рисунок 2



Контроль параметрів мікроклімату у приміщеннях ДНЗ здійснювався у перехідний період року, коли температура зовнішнього повітря коливається від -0,8 °С до + 11,2 °С.

Графік температури зовнішнього повітря у період випробувань приведений на рисунку 2

Рисунок 2



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 при періодичному відкриванні вікон – провітрюванні. Чим нижча температура зовнішнього повітря, тим коротша тривалість провітрювання, тим 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 ... та, крім того, мікроорганізмів та бактерій, що є збудниками хвороб).

Концентрація CO₂ є індикатором чистоти повітря у приміщенні.

В таблиці 1 приведені дані по нормативній площі приміщень дитячих дошкільних закладів (ДБН В.2.2-4:2018).

Таблиця 1

№ п/п	Найменування приміщень	Площа, м ² на 1 дитину	
		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 рисунках 3; 4 та 5 відповідно приведені плани груп: ясельної групи №3 (т. 1), середньої групи №4 (т. 2 та т. 3) та старшої групи 12 (т.4).

Рисунок 3

Ясельна група № 3

- Площа роздягальні5,31 x 2,8 = 14,9 м²
 - Площа ігрової6,54 x 5,31 = 34,7 м²
 - Площа спальні5,31 x 5,8 = 30,8 м²
 - Площа туалету2,8 x 3,2 = 9,0 м²
- Загальна площа групи **89,4 м²**

Нормативна кількість дітей в період проведення контролю мікроклімату:

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

Фактична кількість дітей під час контролю

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



Рисунок 4

**Середня група № 4**

- Площа ігрової $5,30 \times 8,55 = 45,3 \text{ м}^2$
- Площа спальні $5,30 \times 8,97 = 47,7 \text{ м}^2$

Нормативна кількість дітей в період проведення контролю мікроклімату:

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

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

Фактична кількість дітей під час контролю:

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

Старша група № 12

- Площа ігрової $8,94 \times 5,31 = 47,5 \text{ м}^2$
- Площа спальні $5,29 \times 5,96 = 31,5 \text{ м}^2$

Нормативна кількість дітей в період проведення контролю мікроклімату:

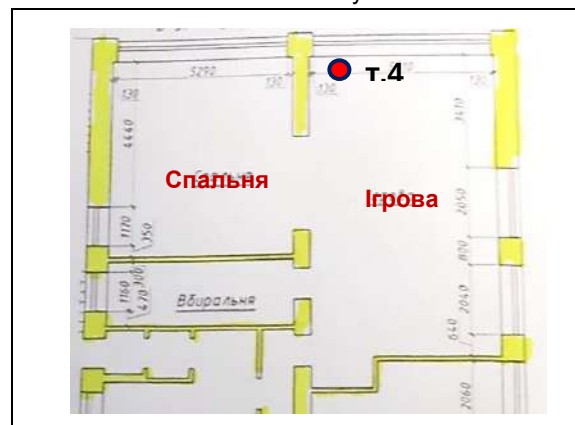
$$n_{\text{норм}} = 47,5 / 2,5 = 19 \text{ дітей}$$

$$n_{\text{норм}} = 31,5 / 2,5 = 13 \text{ дітей}$$

Фактична кількість дітей під час контролю

$$n_{\text{факт}} = 18 \text{ дітей}$$

Рисунок 5



В період проведення контролю мікрокліматичних умов у приміщеннях дитячого садка кількість дітей у приміщеннях була близькою до нормативної.

Нормативні значення мікрокліматичних умов для холодного періоду року приведені у таблиці 2

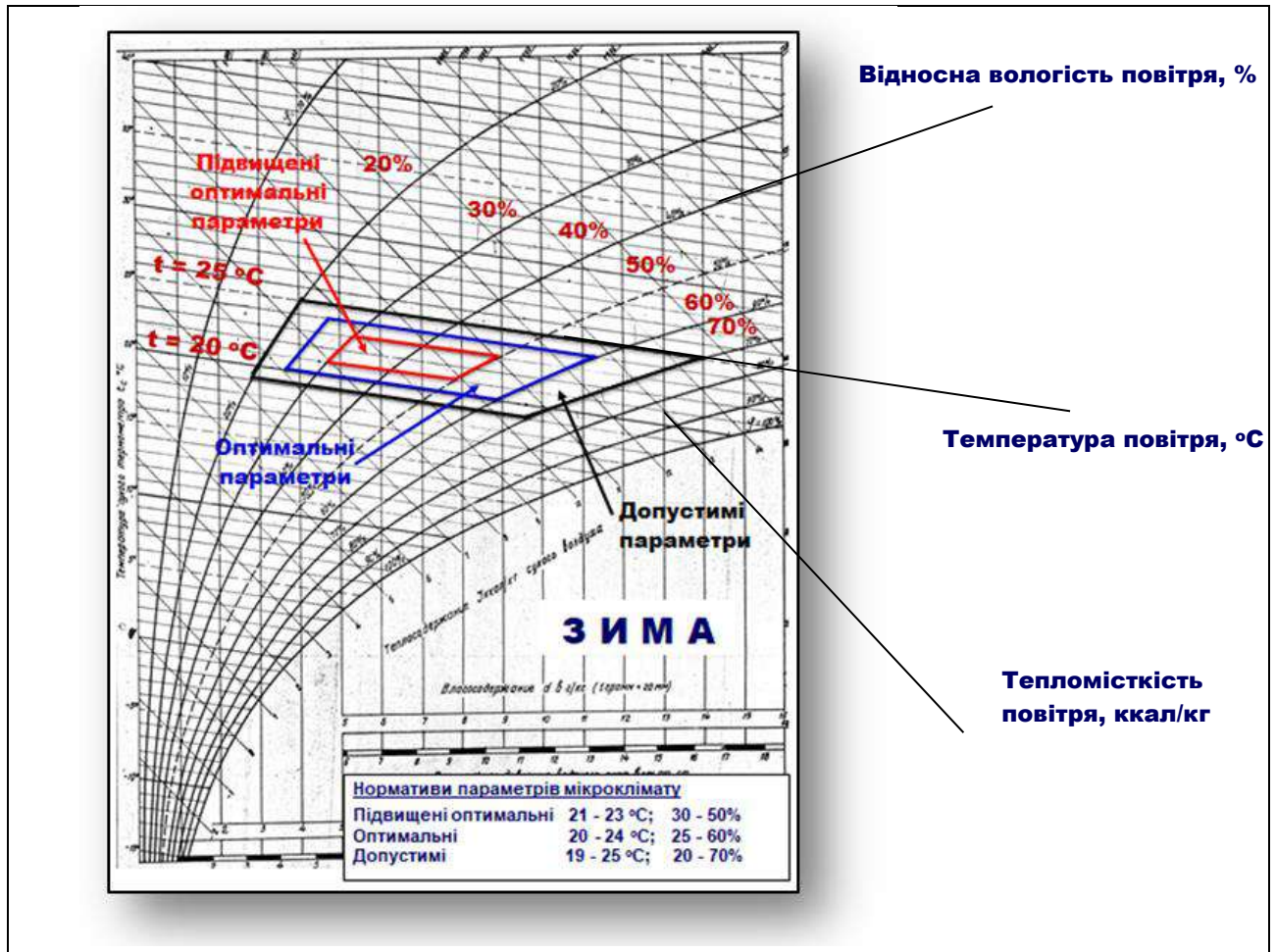
Таблиця 2

№ п/п	Найменування приміщень	допустимі	оптимальні	підвищені оптимальні
1	Температура, °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

Для дитячих закладів згідно діючих в Україні нормативів застосовуються підвищені оптимальні параметри мікроклімату.

Концентрація CO₂ у зовнішньому повітрі 550-590 ppm

Для аналізу стану повітря у приміщеннях, умов комфорту, можливості випадання конденсату на поверхнях огорожень доцільно використовувати I-d діаграму вологого повітря. На рисунку 6 приведена I-D-діаграма вологого повітря з нанесенням зон нормативних параметрів мікроклімату (температура та відносна вологість) для громадських будівель.



Характерною загальною особливістю для всіх приміщень дитячого садка, та зокрема приміщень що досліджуються, 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 проведемо більш детальний аналіз результатів моніторингу для кожного приміщення, що досліджувалось.

Ясельна група №3 (точка вимірів т.1)

Приміщення групи знаходяться на 1-му поверсі на східному крилі будівлі дитячого садка. Приміщення розміщені над вводом теплових мереж у будівлю і першими приміщеннями на системі опалення по ходу теплоносія, тому приміщення групи є найбільш «теплыми» приміщеннями дитячого садка. Цей факт сприяє більш частішому та тривалому провітрюванню приміщень.

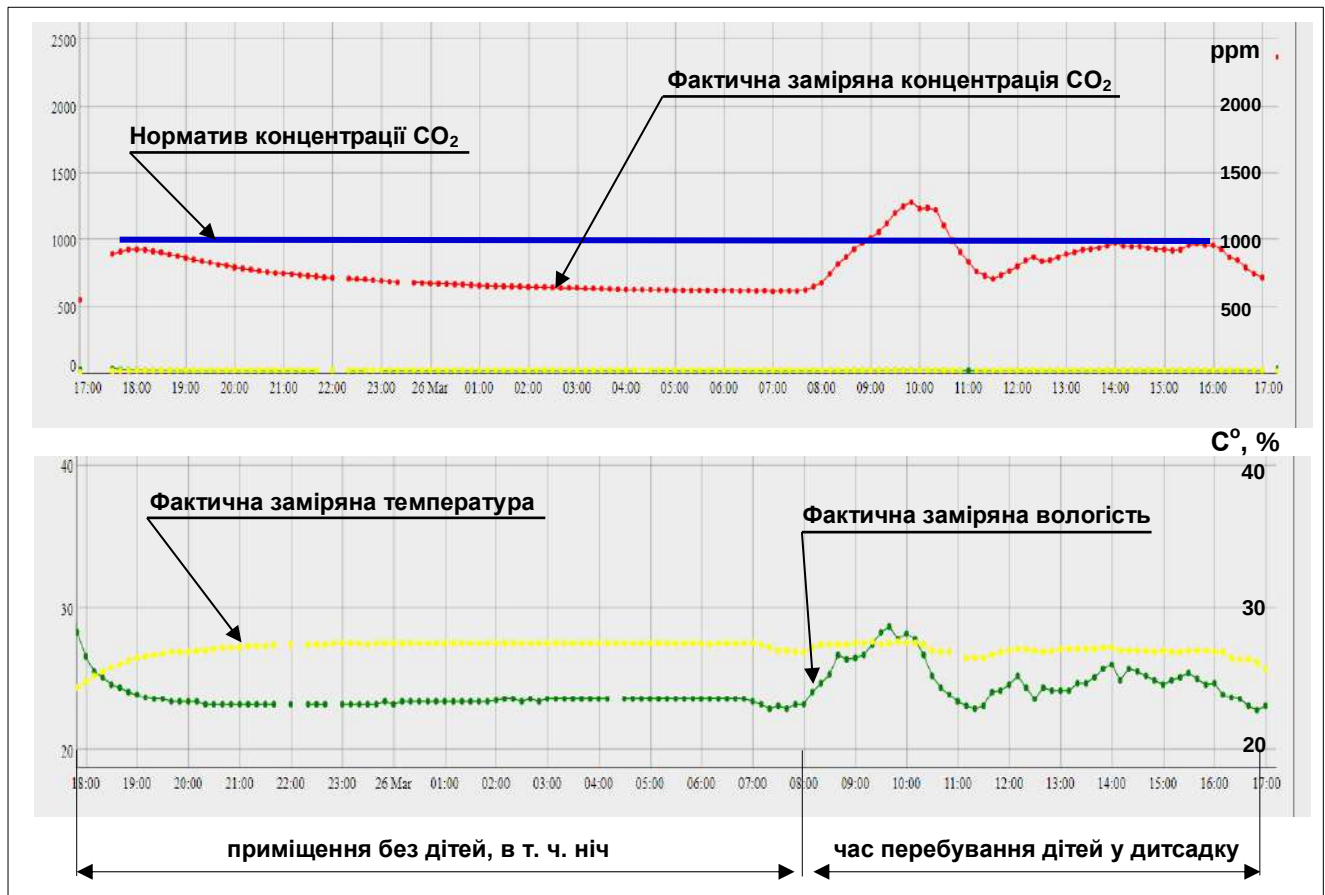
Іншим фактором, що позитивно впливає на чистоту повітря у приміщеннях є нижча питома кількість (по відношенню до площі приміщень) дітей у приміщеннях ясельних груп.

Для всіх приміщень ясельної групи прийнята одна загальна точка замірів, бо основні приміщення – ігрова і спальня – мають спільний об'єм. При цьому роздягальня і санвузол мають досить компактне розміщення.

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

На рисунку 7 приведений графік фактичних мікрокліматичних параметрів у приміщенні ясельної групи №3.

Рисунок 7



Аналіз забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог у приміщеннях ясельної групи №3.

- ✓ Температура у приміщеннях групи у робочий та нічний час суттєво перевищує норму. При нормативі 21-23°C температура у приміщеннях в період проведення контролю становила 27-28°C.
- ✓ Відносна вологість у приміщеннях нижче норми. При нормативі 30 – 50 % фактична вологість повітря становить 22- 27 %.
- ✓ Концентрація CO₂ близька до нормативної. Короточасне перевищення нормативу у період з 9 до 11 годин ранку становить не більше 20%.

Джерелом забруднюючих речовин, в 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 спальних) 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 знаходяться на 2-му поверсі на західному у крилі будівлі дитячого садка. 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.

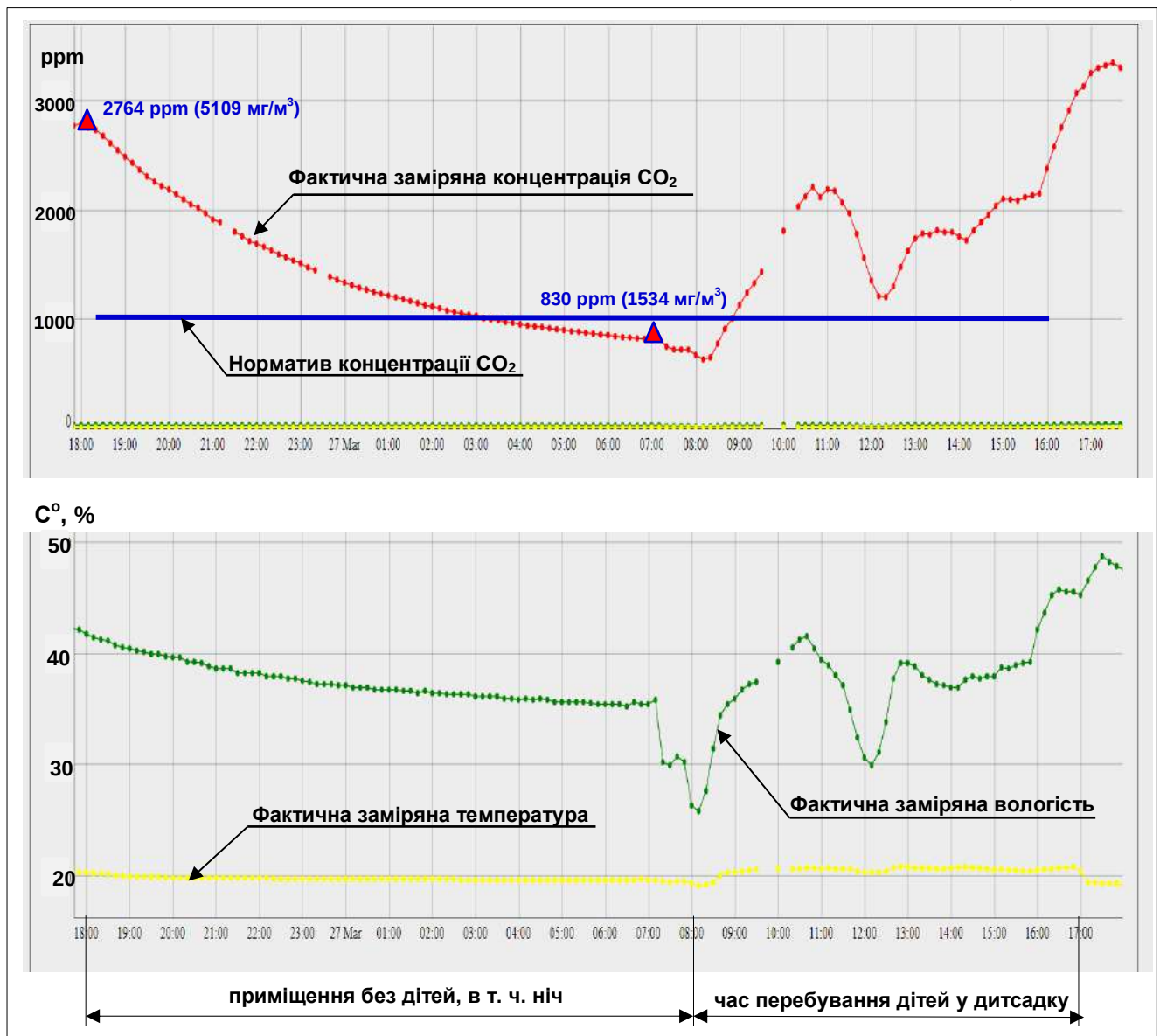
Контроль параметрів мікроклімату проводився у 2-х приміщеннях – ігровій та спальній кімнатах. У приміщенні ігрової кімнати діти проводять значно більше часу, ніж у спальні.

Ігрова кімната групи.

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 рисунку 8 приведений графік фактичних мікрокліматичних параметрів у ігровому приміщенні середньої групи №4.

Рисунок 8



Аналіз забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог у ігровому приміщенні середньої групи №4.

- ✓ Температура у ігровому приміщенні групи рід час перебування в ньому дітей знаходиться у нормі – близько 21°C.
- ✓ Відносна вологість у приміщенні знаходиться в нормі. Нормативні значення вологості забезпечуються за рахунок дихання дітей. Крім вологи люди видихають велику кількість шкідливих речовин, тому при високих значеннях CO₂ у повітрі приміщень можна стверджувати, що нормативні значення вологості трохи втрачають позитивний сенс.
- ✓ Концентрація CO₂ практично на протязі 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

До питання оцінки повітрообміну у приміщеннях.

Маючи інформацію про концентрацію вуглекислого газу у повітрі приміщень групи у вечірній час та ранком на початку робочого дня можливо розрахунковим шляхом визначити повітрообмін 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 (рисунок 7) концентрація CO₂ у 18 год 00 хв 26 березня становила 2764 ррт (**5109 мг/м³**), а через **13 годин** у 7 год 00 хв концентрація вуглекислого газу за рахунок природного повітрообміну знизилась до 830 ррт (**1534 мг/м³**).

Повітрообмін у блоці приміщень групи можна оцінити за наступною формулою:

$$L = [(5109-1534)*312] / [(3322 - 1035)13] = 1115400/29731 = \mathbf{38 \text{ м}^3/\text{год}}$$

де, 3322 = (5109+1534)/2 – середня концентрація CO₂ у приміщенні за ніч, мг/м³

1035 мг/м³ (560 ррт) – 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.

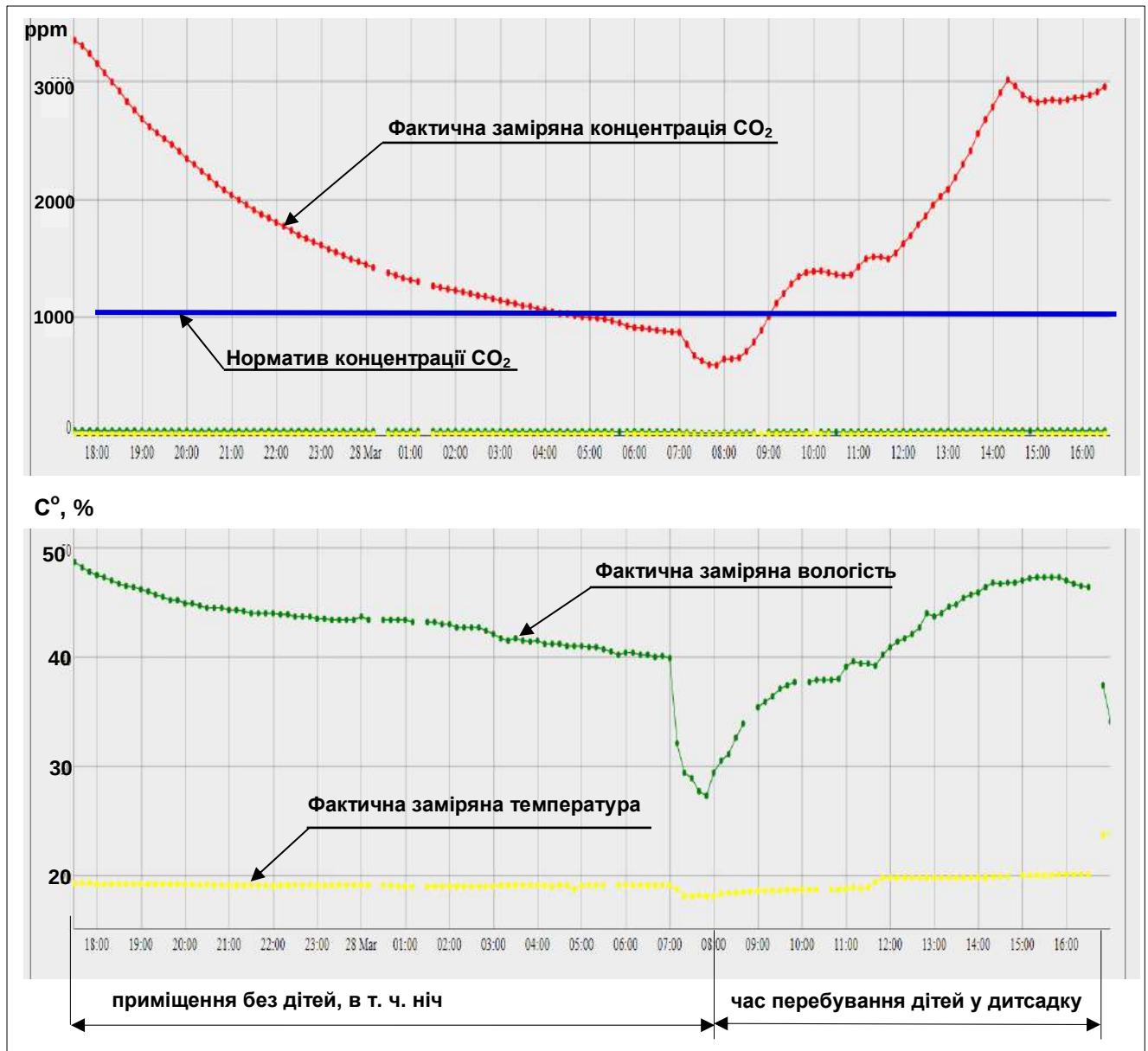
Ігрова кімната групи.

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 рисунку 9 приведений графік фактичних мікрокліматичних параметрів у приміщенні спальні середньої групи №4.

Аналіз забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог у спальному приміщенні середньої групи №4.

- ✓ **Температура** у спальному приміщенні групи значну частину часу випробувань становила 18-18,5 °С. незважаючи на те, що температура зовнішнього повітря була досить високою (близько +4 °С). Це саме «холодне» приміщення із всієї будівлі. При низьких зовнішніх температурах у приміщенні активно використовують електрообігрівачі, що піднімає температуру, але погіршує якість повітря.
- ✓ **Відносна вологість** у приміщенні знаходиться в нормі. Нормативні значення вологості забезпечуються за рахунок дихання дітей. Крім вологи люди видихають велику кількість шкідливих речовин, тому при високих значеннях CO₂ у повітрі приміщень можна стверджувати, що нормативні значення вологості трохи втрачають позитивний сенс.
- ✓ **Концентрація CO₂** практично на протязі часу перебування дітей у приміщенні знаходиться вище норми.
- ✓ Причиною перевищення концентрації вуглекислого газу є повна відсутність вентиляцій у приміщеннях. В час сну дітей концентрація вуглекислого газу 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 дитячого садка.

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.

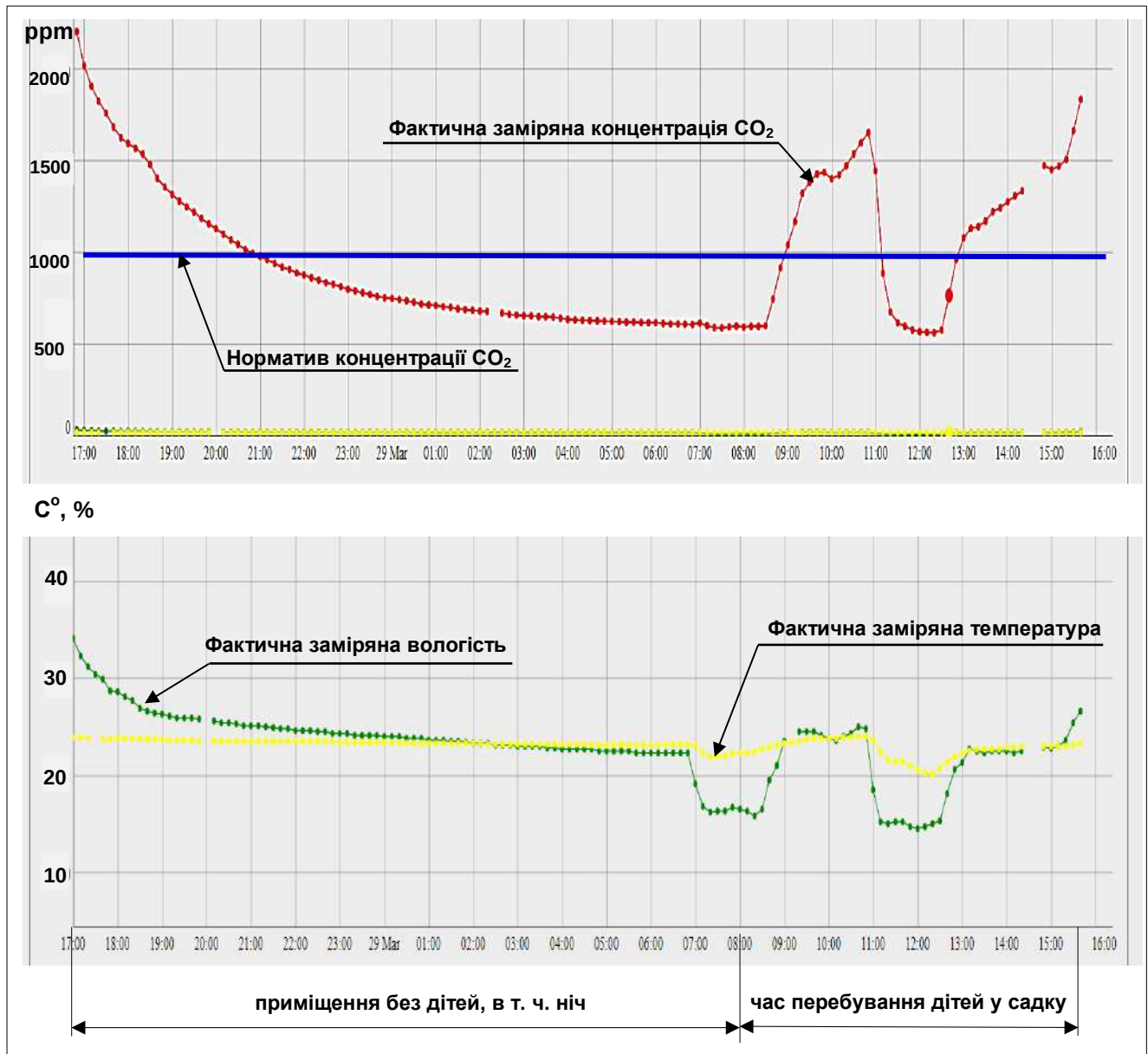
На жаль заміри проводились у п'ятницю. Цей день у дитячому садку скорочений, тому період найбільших концентрацій вуглекислого газу залишився недослідженим.

На рисунку 10 приведений графік фактичних мікрокліматичних параметрів у ігровому приміщенні середньої групи №12.

Аналіз забезпечення нормативів мікрокліматичних вимог у ігровому приміщенні старшої групи №12.

- ✓ Температура у ігровому приміщенні групи незначною мірою вище норми і становить 23-24 °С. Недоцільно висока температура приміщення у нічний час.

Рисунок 10



- ✓ 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 при більш інтенсивному 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 в 17 годин концентрація вуглекислого газу могла б досягти 3-х тисяч ppm.

Проведений інструментальний контроль параметрів мікроклімату у частині приміщень будівлі ДНЗ показав, що загальний стан забезпечення мікрокліматичних умов є незадовільним. Мають місце відхилення від норми температурного режиму. При цьому є місце і перевищенню і зниженню нормативів температурного режиму.

Особливу стурбованість викликає значне перевищення концентрації вуглекислого газу, що свідчить про відсутність достатнього повітрообміну та про низьку якість повітря у приміщеннях.

Найкраща ситуація щодо забруднення повітря у ясельній групі. Це пояснюється виключно тим, що наповненість ясельних груп (нормативна і фактична) значно нижча, ніж у садових групах.

Що стосується відносної вологості, то цей параметр є залежним від стану зовнішнього повітря та температурного режиму у приміщеннях. Для регулювання відносної вологості у будівлі відсутні технічні засоби – системи кондиціювання повітря із функціями зволоження та охолодження повітря. Це дорогі системи, які у дитячих закладах на цьому етапі розвитку держави не можуть використовуватись.

При проведенні моніторингу мікроклімату у частині приміщень на протязі доби були зафіксовані нормативні значення відносної вологості. Але не варто заспокоюватись. Така ситуація пов'язана з часом проведення випробувань. В перехідний період року температура зовнішнього повітря становить $+ (2-10)^{\circ}\text{C}$, а відносна вологість близько 40-70%. При таких параметрах зовнішнього повітря при роботі систем опалення відносна вологість внутрішнього повітря може становити нормативні значення. Але значну частину тривалості опалювального періоду при низьких температурах зовнішнього повітря вологість у приміщеннях значно нижче норми. Це добре ілюструється на I-D-діаграмі вологого повітря.

За відсутності надійної вентиляції та постійного природного провітрювання приміщень періодичне відкривання вікон є єдиним фактором, що сприяє обміну повітря у приміщеннях. Але періодичні короточасні відкривання вікон не забезпечують повної зміни повітря. Концентрація CO_2 у приміщеннях на короткий час знижується, але після закриття вікон досить швидко підвищується знову. Аналіз впливу фактору провітрювання показує, що провітрювання не може замінити постійно діючу або діючу в автоматичному режимі вентиляцію. Слід зазначити, що велику роль у забезпеченні чистоти повітря приміщень відіграє площа вікон, що відкриваються. У приміщеннях з вікнами-склопакетами їх відкривання частіше здійснюється у «режимі провітрювання». Такий варіант відкривання вікон менше ефективний, ніж повне відкривання вікон. Але в той же час для дитячих закладів цей варіант відкривання вікон є менш безпечний.

Серед гігієністів існує думка, згідно якої відношення площі отворів при відкриванні вікон для провітрювання до площі підлоги приміщення має бути не менше, ніж 1/50. Цей висновок не є беззаперечним нормативом, це думка практиків, результат досвіду. Особливо цей висновок важливий для дитячих закладів, в яких не функціонують, передбачені проектами, системи вентиляції.

Під час проведення випробувань при провітрюванні груп приміщень дитячого садка загальною площею $80-90 \text{ м}^2$, як правило, відкривалось 2-3 вікна в режимі провітрювання. Площу відкривання кожного вікна в режимі провітрювання можна оцінити не більше, ніж $0,3 - 0,4 \text{ м}^2$. Тоді загальна площа отворів становитиме не більше $1 - 1,2 \text{ м}^2$. При таких умовах згадане вище співвідношення буде приблизно в два рази менше, ніж рекомендовано.

Вище приведений приклад моніторингу та оцінки стану повітрообміну та забруднення повітря у будівлі дошкільного дитячого закладу. Нижче – матеріали моніторингу стану забруднення повітря у будівлі школи.

Цю школу можна віднести до рекордсменів щодо забруднення повітря. Це школа з **небезпечними для дітей та вчителів умовами мікроклімату**, бо наявне перевищення нормативів по концентрації CO₂ майже в 6 разів.

Важливо зазначити, що рівень забруднення повітря залежить не лише від стану вентиляційних систем. На рівень забруднення повітря суттєво впливає кількість дітей у школі по відношенню до нормативної кількості місць. Приклад, що приведений нижче, розглядає школу де фактична кількість учнів суттєво перевищує норматив кількості місць.

Продовжуючи логіку розгляду цієї теми доречно відмітити, що у школах із заповненістю на рівні 50% та із старими вікнами, що мають велику кількість нещільностей (як правило це сільські школи) забрудненість повітря близька до норми. Але там, найчастіше, температура повітря значно нижче норми.

ВІДОМІСТЬ КОТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ПРИМІЩЕННЯХ

ЗЗСЩ № _____

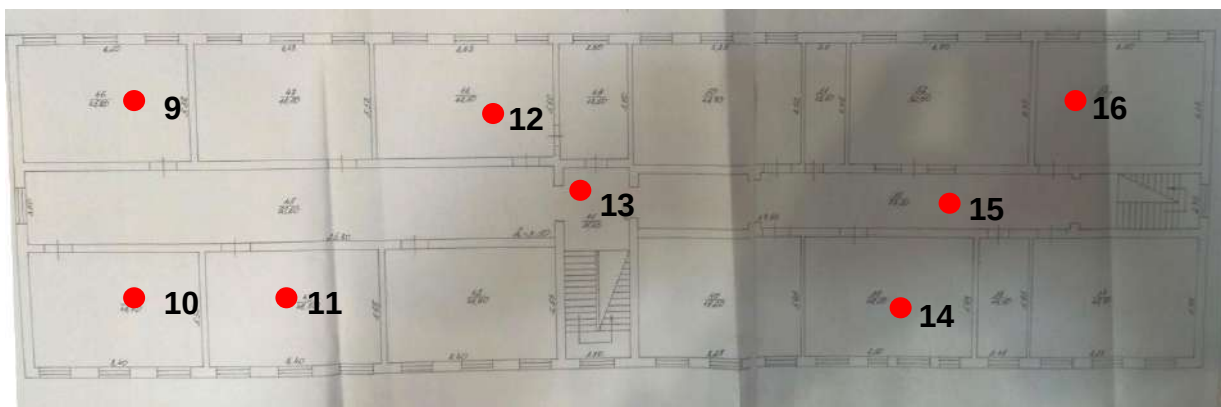
17 жовтня 2021 року

Параметри зовнішнього повітря: - температура 18,6°C
- відносна вологість 55 %
- концентрація CO₂ 410 ppm

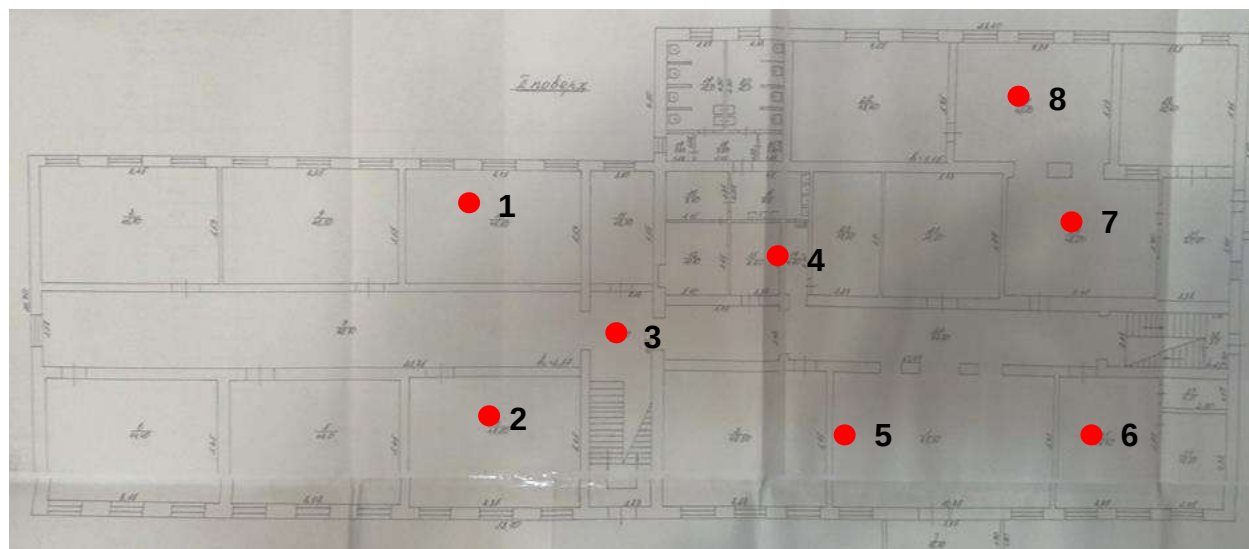
Заміри параметрів мікроклімату проведені приладом DATA LOGGER HT-2000 № 20180525425

СХЕМА ТОЧОК КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ

2 поверх



1 поверх



№ точки виміру	Найменування приміщень	Параметри мікроклімату			Примітка
		температура °C	вологість %	концентрація CO ₂ , ppm	
1	4 клас	22,7	73,5	4350	4 урок 26 учнів
2	2 клас	23,0	73,0	3900	5 урок 24 учні
3	Коридор	23,4	71,2	3260	діти відсутні
4	Медичний кабінет	23,1	67,7	3180	Приміщення без вікон
5	1 клас	23,9	66,4	1961	5 урок
6	Учительська	23,0	68,0	3193	кінець перерви
7	Їдальня	22,8	74,2	2535	діти відсутні
8	Кухня	23,5	78,5	2010	
9	6 клас	24,0	79,0	5800	19 учнів
10	Клас (пустий)	24,2	71,0	5700	після проведення уроків
11	10 клас	22,9	72,0	3810	18 учнів
12	8 клас	23,4	81,0	6600	22 учні
13	коридор	22,8	73,0	3700	після перерви
14	9 клас	23,0	79,2	5173	18 учнів
15	коридор	21,8	72,3	3988	після перерви
16	5 клас	22,6	79,0	5860	21 учень

ВИСНОВКИ:

1. Стан мікроклімату у приміщеннях школи є небезпечним: концентрація вуглекислого газу свідчить про надзвичайно високу забрудненість повітря. Навіть в коридорах концентрація CO₂ в 3-4 рази перевищує норматив.
2. Висока концентрація CO₂ свідчить про повну відсутність повітрообміну у приміщеннях через відсутність засобів вентиляції.
3. Ситуація ускладнюється встановленням герметичних віконних блоків та можливістю відкривання вікон не більше 1-го вікна у приміщенні.
4. У школі не надають необхідної уваги провітрюванню приміщень.
5. У практиці енергоаудиторів аналоги такого рівня забруднення повітря у приміщеннях школи не спостерігались.

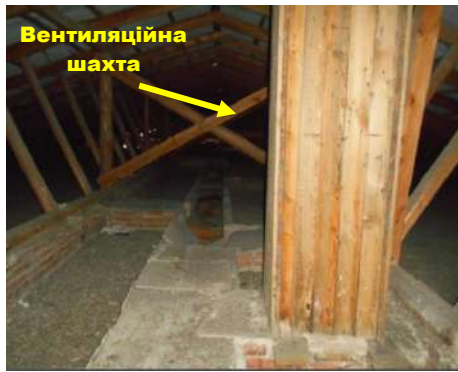
Розглянемо приклади маловитратних заходів(із виконаних енергоаудитів), що можуть бути рекомендовані з метою покращення стану внутрішнього повітря приміщень у громадських будівлях.

Приклад 1.

Підвищення повітрообміну у приміщеннях школи шляхом відновлення функцій існуючих систем вентиляції. Ревізія, ремонт та очищення витяжних вентиляційних каналів, ремонт вентиляційних каналів та шахт. Ревізія та ремонт систем витяжної вентиляції у спортзалі.

Стан витяжної вентиляції будівлі описаний у розділі 3.5 звіту. Природна витяжка, що є одним із основних засобів, що забезпечує повітрообмін у будівлі, не функціонує. Значна частина витяжних решіток у приміщеннях будівлі заклесні шпалерами. Вертикальні витяжні канали у внутрішніх цегляних стінах

потребують ревізії та очищення. Горизонтальні збірні канали на горищному перекритті зруйновані. Потребують ремонту витяжні шахти на покрівлі.



Для покращення повітрообміну приміщень необхідно відновити функціонування природної витяжної вентиляції. Дієздатність природної витяжки значно покращить режими провітрювання, що здійснюються шляхом періодичного відкривання вікон.

Для забезпечення функціонування витяжної вентиляції необхідне виконання таких робіт:

1. Складання схеми розміщення вентиляційних каналів та вентиляційних отворів з решітками.
2. Пошук всіх вентиляційних отворів (під шаром шпалер та інших матеріалів) та їх відкриття.
3. Очищення вентиляційних каналів та відновлення вентиляційних решіток.
4. Проведення ремонту та покращення якостей витяжних вентиляційних горизонтальних каналів та витяжних шахт.

Перші три пункти є нескладними, для їх виконання необхідна незначна кількість матеріалів та незначний об'єм робіт. Загальну вартість робіт за пунктами 1–3 переліку робіт можна оцінити не вище 60-80 тис грн.

Приклад 2.

Обстеження та очищення вентиляційних каналів, встановлення вентиляційних решіток та ремонт витяжних шахт на даху будівлі із встановленням дефлекторів.

Практично кожне приміщення будівлі має свою вентиляційну шахту. Стан витяжних вентиляційних шахт будівлі детально описаний у звіті. Природна витяжка, що є основним засобом, що забезпечує повітрообмін у будівлі, практично не функціонує.

Для покращення повітрообміну приміщень необхідно відновити функціонування природної витяжної вентиляції. Для забезпечення функціонування витяжної вентиляції необхідне виконання таких робіт:

1. Складання схеми розміщення вентиляційних каналів та вентиляційних отворів з решітками.
2. Пошук всіх вентиляційних отворів (під шаром шпалер та інших матеріалів) та їх відкриття.
3. Очищення всіх вентиляційних каналів та відновлення функціонування всіх вентиляційних решіток.

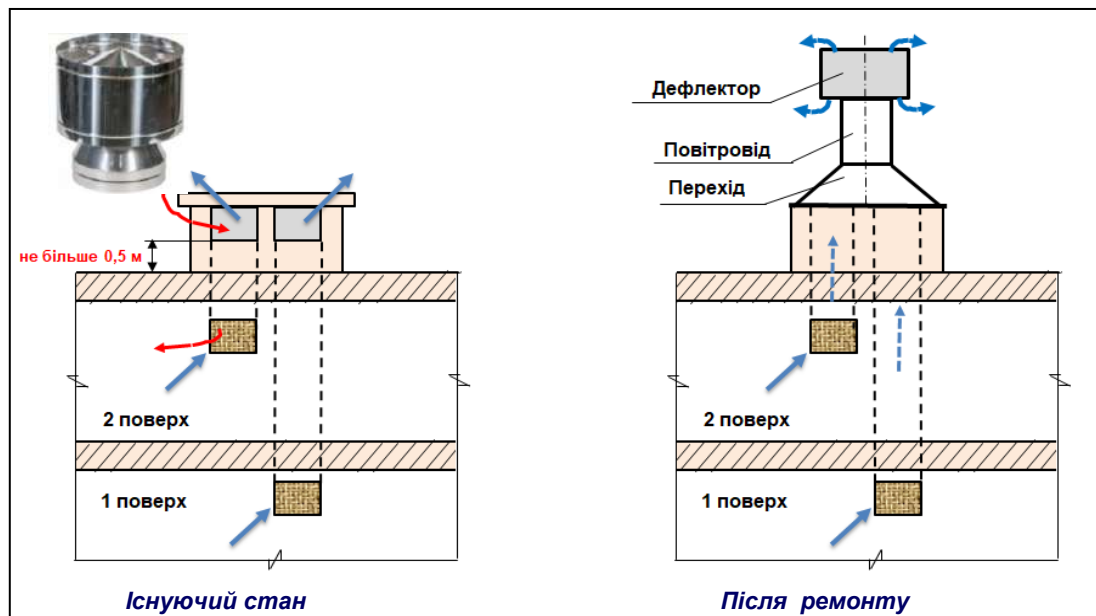
Додатково доцільно виконати наступне: Проведення ремонту та покращення якостей витяжних шахт із встановленням дефлекторів.

Перші три пункти є нескладними, для їх виконання необхідна незначна кількість матеріалів та незначний об'єм робіт.

Загальну вартість робіт за пунктами 1–3 переліку робіт можна оцінити не вище 25-30 тисяч грн. Значно більшу трудомісткість та вартість мають роботи пункту 4 цього заходу.

На рисунку 6.8 показана схема існуючих вентиляційних шахт та пропозицій щодо покращення їх функціонування.

Рисунок 6.8.

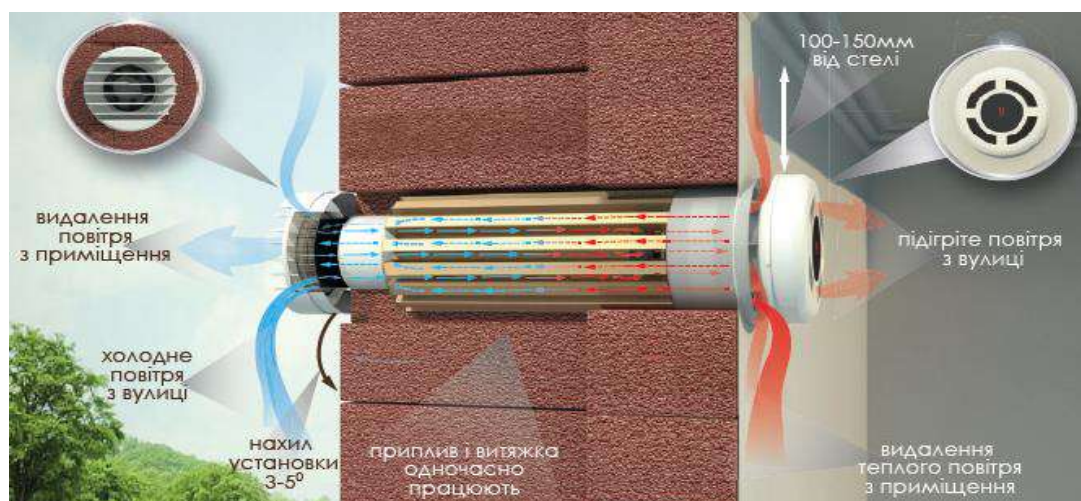


Для покращення функціонування витяжних шахт будівлі доцільно виконати комплекс заходів, що забезпечить збільшення висоти витяжних шахт із встановленням дефлекторів, що покращить тягу в системах вентиляції та захистить приміщення від прямого попадання вологого повітря та атмосферних опадів у приміщення.

Існують і більш радикальні, але дорогі методи покращення стану внутрішнього повітря. Приклад таких заходів приведений нижче.

Встановлення локальних припливно-витяжних вентиляційних агрегатів з утилізаторами тепла витяжного повітря.

Впровадження індивідуальних вентиляційних припливно-витяжних агрегатів з утилізаторами тепла витяжного повітря дасть змогу частково покращити повітрообмін у основних приміщеннях дитячого закладу – у ігрових та спальних приміщеннях. До встановлення пропонуються вентиляційні агрегати Prana-150.



Встановлення таких агрегатів не потребує виконання значних об'ємів робіт у приміщеннях. Достатньо виконати отвір у зовнішній стіні і підвести електроенергію. Споживання електроенергії одним вентиляційним агрегатом не більше 32 вт.

Продуктивність агрегата по припливному повітрі 105 м³/год. Вентиляційні агрегати Prana здійснюють видалення повітря із приміщення з одночасною подачею свіжого повітря. При цьому здійснюється утилізація тепла витяжного повітря. Ефективність утилізації тепла становить не менше 70%. Висока ефективність утилізації досягається за рахунок застосування високоякісного мідного теплообмінника. До встановлення пропонується 26 вентиляційних агрегатів Prana-150. Схеми розміщення вентиляційних агрегатів на 1-му та 2-му поверхах приведені на рисунку 6.6. та рисунку 6.7

Рисунок 6.6

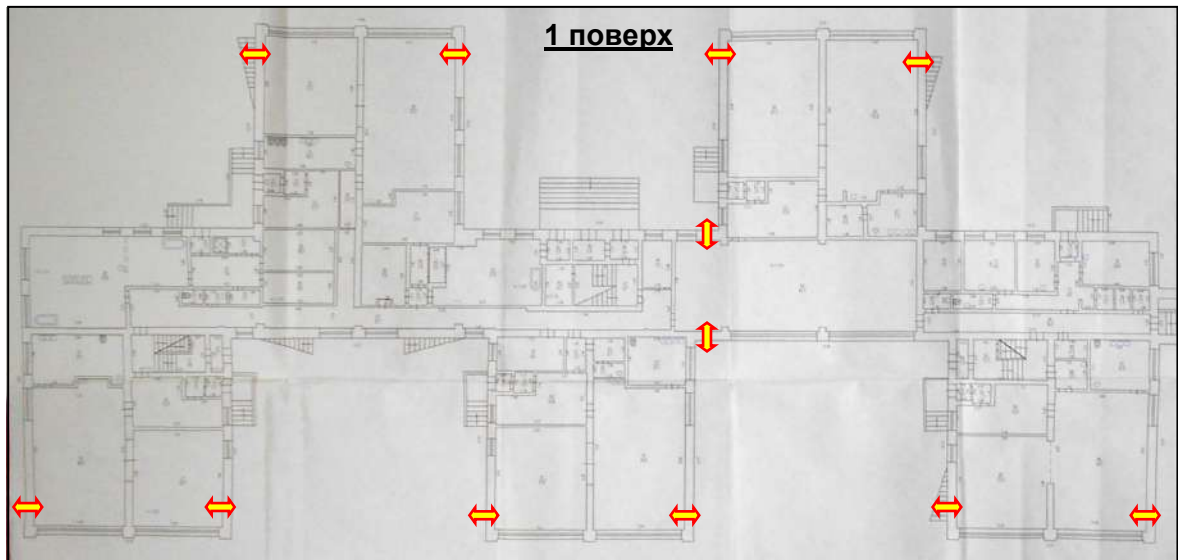
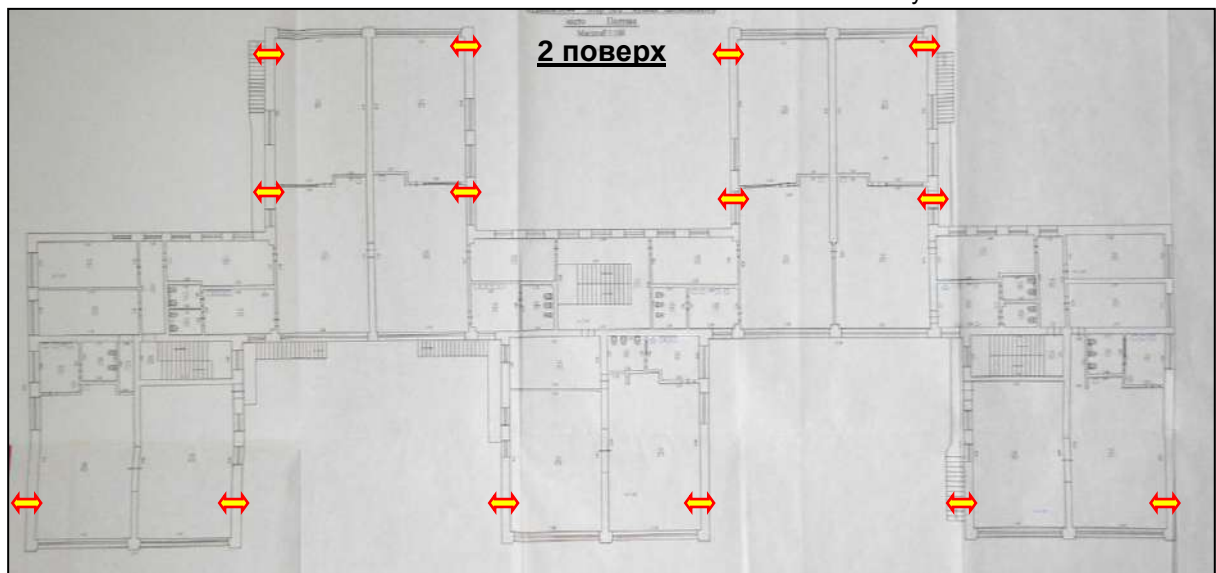


Рисунок 6.7



В кожному ігровому приміщенні та в кожній спальні передбачається встановити по одному агрегату-рекуператору. Два агрегати-рекуператори передбачається встановити у приміщенні музичної зали.

Сумарна продуктивність вентиляційних агрегатів по припливному повітрі може становити:

$$105 \cdot 26 = 2730 \text{ м}^3/\text{год.}$$

По відношенню до загального опалювального об'єму будівлі встановлені вентиляційні агрегати забезпечать кратність повітрообміну: $K = 2730 / 65785 = 0,41$.

ПРЕЗЕНТАЦІЯ

Serhii Parasochka

ВЕНТИЛЯЦІЯ У ШКОЛАХ, ДИТЯЧИХ ДОШКІЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ ТА В ІНШИХ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ.

CO₂



16 грудня 2020

1

Serhii Parasochka

ВСТУП

Мікрокліматичні умови у приміщеннях будівель мають забезпечувати для людей добре самопочуття, високий рівень працездатності та відсутність факторів, що негативно впливають на здоров'я.



Нормативи «комфарту»:

- підвищені оптимальні умови;
- оптимальні умови;
- допустимі умови.

Теплова енергія

Повітрообмін – це найбільш слабка ланка в системі створення комфортних умов

Вимоги до мікроклімату встановлюються будівельними нормами, державними стандартами та санітарними регламентами.

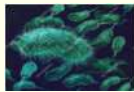
Нормативи щодо мікроклімату в Україні відповідають європейському та світовому рівню. Але, так склалось, що наші нормативи не завжди розглядаються, як обов'язкові. А наявні Закони не наголошують на важливості дотримання норм мікроклімату на не гарантують їх виконання

2

ЧОМУ ВАЖЛИВО ЗАБЕЗПЕЧУВАТИ ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ У БУДІВЛЯХ

Причинами негативного впливу на людей є забруднення внутрішнього повітря приміщень. У громадських будівлях (навчальних закладах, лікарнях, закладах культури та торгівлі) основним джерелом забруднення повітря є самі люди.

Споживаючи кисень кожна людина щогодини видихає 18-25 літрів CO_2 . Крім CO_2 людина виділяє більше 30-ти інших речовин: оксид вуглецю, сірководень, ацетон альдегіди, фенол збудники інфекційних захворювань



Забруднення повітря впливає не лише на відчуття комфорту, а і можуть стати причиною захворювань, в тому числі тяжких...

ЧОМУ ВАЖЛИВО ЗАБЕЗПЕЧУВАТИ ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ У БУДІВЛЯХ

НОРМАТИВИ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

Індикатором якості внутрішнього повітря приміщень є концентрація CO_2 .

Умови мікроклімату	Діапазон концентрацій CO_2 (понад рівень у зовнішньому повітрі), ppm
Підвищені оптимальні	≤ 400
Оптимальні	400 – 600
Допустимі	600 – 1000

Нормативи CO_2 залежать від статусу населеного пункту

Санітарні норми свіжого повітря.

Умови мікроклімату	Мінімальна витрата зовнішнього повітря на одну людину q_v , $\text{dm}^3/(\text{с} \cdot \text{людина})$	Мінімальна витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень q_v , $\text{dm}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$		
		при дуже низькому рівні забруднення повітря будівлі	при низькому рівні забруднення повітря будівлі	при високому рівні забруднення повітря будівлі
Підвищені оптимальні	10	0,5	1,0	2,0
Оптимальні умови	7	0,35	0,7	1,4
Допустимі	4	0,2	0,4	0,8



36
25
14

В Україні прийняти вважати гранично-допустимим рівнем концентрації CO_2 – 1000 ppm

ЧОМУ ВАЖЛИВО ЗАБЕЗПЕЧУВАТИ ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ У БУДІВЛЯХ ЗАХВОРЮВАНІСТЬ



5

ЧОМУ ВАЖЛИВО ЗАБЕЗПЕЧУВАТИ ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ У БУДІВЛЯХ



Український вчений В.П. Жалко-Титаренко вивів інтегральний показник вірогідності зараження інфекційними захворюваннями в приміщеннях – час епідемічного спілкування

Жалко-Титаренко В.А. «Время эпидемического взаимодействия»

№ п/п	Приміщення	Інтегральний показник вірогідності зараження	
		без вентиляції	при вентиляції
1	Універсам	690	27
2	Лекційна зала	21830	870
3	Театр, кіно	32740	1310
4	Адміністративні приміщення	1420	57
5	Квартира	1530	61

Наявність нормативного повітрообміну у громадських будівлях в 25 разів знижає вірогідність поширення COVID-19

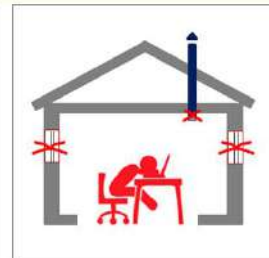
6

ФАКТИЧНИЙ СТАН ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У БУДІВЛЯХ УКРАЇНИ

ІСТОРІЯ ПОГІРШЕННЯ ПОВІТРООБМІНУ ПРИМІЩЕНЬ

70–90 роки

починаючи з 2000-х років



- ✓ Наявність припливних систем вентиляції.
- ✓ Системи природної витяжки.
- ✓ Подача повітря через нещільності.

- ✓ Відмова від припливної вентиляції.
- ✓ Встановлення прогресуючих лімітів на тепло.
- ✓ Герметизація природної витяжки.
- ✓ Встановлення герметичних вікон.

Ссо₂ = 600–1200 ppm

Ссо₂: = від 1200 до 6000 ppm

Крім технічних проблем існує велика проблема низького рівня обізнаності про потенційні небезпеки здоров'ю через відсутність вентиляції

7

ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИМІЩЕНЬ

Для оцінки якості повітря у приміщеннях громадських будівель найбільш доступний та дієвий спосіб - вимірювання концентрації CO₂, як індикатора забрудненості повітря приміщень.



Для системної оцінки та аналізу необхідно мати можливість вимірювання концентрації CO₂ постійно з інтервалом у декілька хвилин та з дистанційною передачею інформації

Для разових замірів, в тому числі і на побутовому рівні, достатньо пропозицій, навіть в інтернет-магазинах



Dataloger Walcom HT-2000

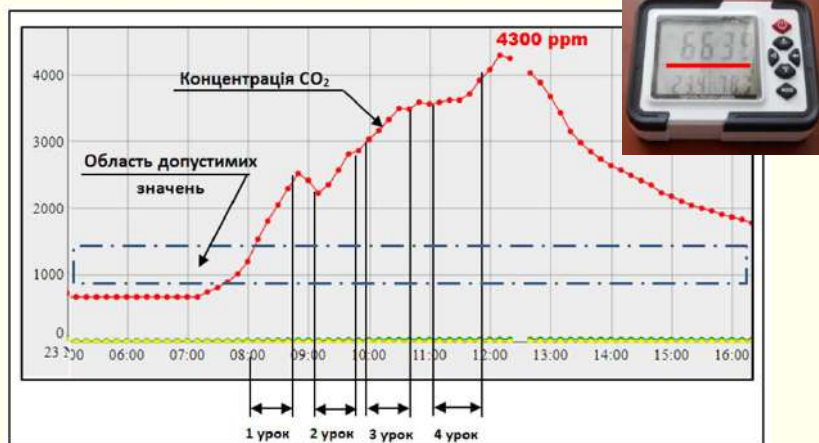
8

ФАКТИЧНИЙ СТАН ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У БУДІВЛЯХ УКРАЇНИ

МОНІТОРИНГ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ДИТЯЧИХ ЗАКЛАДАХ

1-й клас школи. В класі 23 учні. Розмір класу типовий

Найбільш характерні результати замірів концентрації CO₂ в зимовий період

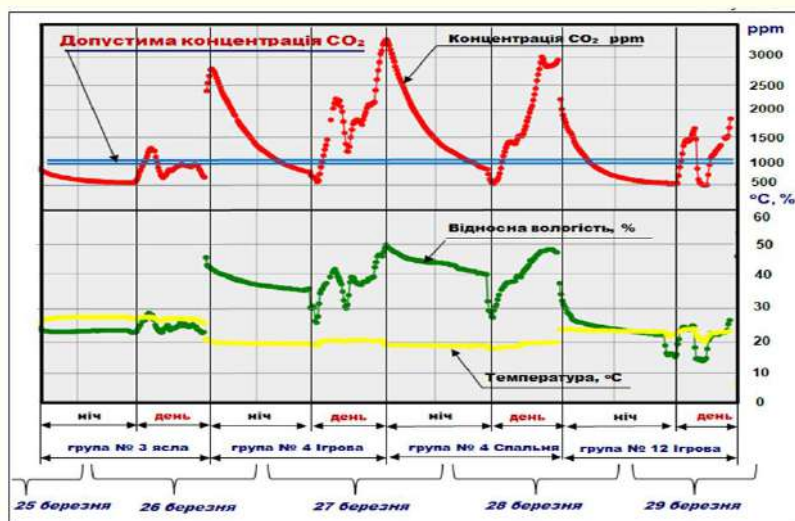


9

ФАКТИЧНИЙ СТАН ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У БУДІВЛЯХ УКРАЇНИ

МОНІТОРИНГ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ДИТЯЧИХ ЗАКЛАДАХ

Заміри концентрації CO₂ в приміщеннях груп дитячих садків



10

ПРИЧИНИ НЕЗАДОВІЛЬНОГО СТАНУ ПОВІТРООБМІНУ У ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ



Низький рівень інформованості про шкідливість забруднення повітря приміщень.

Руйнування та демонтаж систем вентиляції у існуючих будівлях.



Відсутність контролю параметрів мікроклімату у приміщеннях громадських будівель.

Ігнорування державних стандартів, будівельних норм та санітарних регламентів.



Герметизація приміщень шляхом встановлення герметичних віконних блоків та дверей.

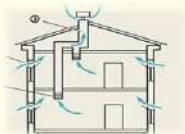
Встановлення лімітів на теплову енергію (адміністративне енергозбереження).



11

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ПОКРАЩЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ

Поширення інформації про те, чим шкідливе забруднене повітря і чому важливо мати вентиляцію у приміщення.



Відновлення функціонування існуючих систем природної вентиляції, використання функцій мікропрівітрювання сучасних вікон та використання віконних клапанів-прівітрювачів



Усвідомлення того, що мікроклімат – це не лише комфорт, а і категорія економіки (формування інвестиційної привабливості)

Контроль дотримання параметрів мікроклімату у громадських будівлях на рівнях громад та держави.



Суттєве покращення якості повітря у громадських будівлях, і в першу чергу у дитячих закладах, має розглядатись, як пріоритетний напрямок розвитку та вирішуватись шляхом впровадження державних цільових програм.

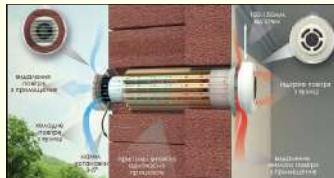
12

ВАРІАНТИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОВІТРООБМІНУ

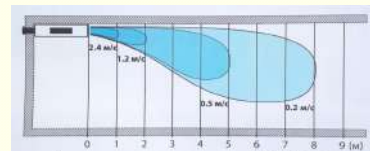
Ринок вентиляційного обладнання доволі широкий. Пропоную розглянути дещо спрощену класифікацію організації повітрообміну.

ІНДИВІДУАЛЬНІ ВЕНТИЛЯЦІЙНІ АГРЕГАТИ 100-200 м³/год

ІНДИВІДУАЛЬНІ ВЕНТИЛЯЦІЙНІ АГРЕГАТИ 300-500 м³/год



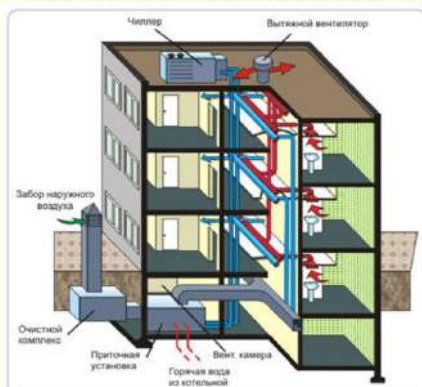
Засоби автоматизації агрегатів забезпечують можливість керування роботою агрегата в залежності від концентрації CO₂.



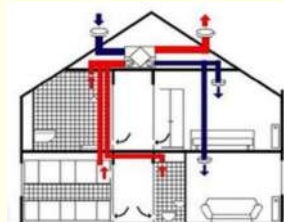
ВАРІАНТИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОВІТРООБМІНУ

Центральні припливно-витяжні системи вентиляції складаються із припливних та витяжних вентагрегатів збільшеної продуктивності та мережі повітроводів.

ЦЕНТРАЛЬНІ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНІ ВЕНТИЛЯЦІЙНІ СИСТЕМИ



Центральні припливно-витяжні вентиляційні системи є найбільш дорогим варіантом облаштування вентиляції бо досить часто потребують окремих площ для встановлення обладнання.



Найбільш ефективною є комплексна припливно-витяжна вентиляція, що використовує центральні системи вентиляції та індивідуальні вентиляційні агрегати та в повній мірі відповідає вимогам нормативної бази.

НОРМАТИВНІ ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ 1906 Р



*«Воздух помещения нуждается
в обновлении, чтобы не быть вредным
для обитателя»
В. М. Чаплин*



- 1) В воздухе жилых помещений содержание углекислоты не должно превышать 0,7 — 1,0 литра в 1 м³.
- 2) В случае, если пребывание людей в помещениях ограничено определенным числом часов в сутки, в течение которых они принуждены ежедневно заниматься в них, остальное же время помещения остаются свободными, то содержание CO₂ в часы занятий не должно превышать 1,0 — 1,5 литра в 1 м³.
- 3) При временном, не ежедневном, и вполне добровольном пребывании в помещениях содержание CO₂ допускается в пределах 1,5 — 2,0 литра в 1 м³.

15

Дякую за увагу !

Сергій Парасочка +380 50 3277305
tecom.ps@gmail.com