

Міністерство освіти і науки України  
Департамент екології та природних ресурсів Полтавської ОДА  
Муніципалітет м. Фільдерштадт, Німеччина  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний університет ім. І. Сікорського»  
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Харківський національний автомобільно-дорожнього університет  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова  
Національний університет цивільного захисту України  
Вінницький національний технічний університет  
Одеський державний екологічний університет  
Сумський технічний університет  
Universität für Bodenkultur Wien  
The University of Stuttgart  
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Kazakh National Technical University named after K.I.Satbaev  
«Todor Kableshkov» University of Transport  
South West University «Neofit Rilski»  
Slovak University of Technology in Bratislava (STU)  
ТОВ «Хайсенс Україна» (HISENSE, КНР)  
ДП Україна ГЕРЦ (HERZ, Австрія)  
ТОВ «СИСТЕМЕЙР» (SYSTEMAIR, Швеція)  
ТОВ «РЕХАУ» (REHAU, Німеччина)  
ПП «Вент-Сервіс»  
ТОВ «НЬЮФОЛК НКЦ»

## **ЗБІРНИК ТЕЗ**



**I МІЖНАРОДНА НАУКОВО-  
ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
"СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ  
ТЕПЛОЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ТА  
ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ"**

**ПОЛТАВА  
21-22 ВЕРЕСНЯ 2023**

УДК 620.9:502.17](06)

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики, к. т. н., проф. Юрій ГОЛІК.

«Сучасні проблеми теплоелектроенергетики та захист довкілля. 2023»: Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми теплоелектроенергетики та захист довкілля» (21-22 вересня 2023 року, Полтава). Полтава: НУПП, 2023. 87 с.

Учасники конференції – міжнародні експерти, почесні гості, науковці, шкільна й студентська молодь та освітяни – розглядають проблеми енергозбереження, альтернативної енергетики та охорони навколишнього природного середовища, ведуть пошук спільних науково-методичних та практичних підходів, шляхів вирішення проблем освіти в теплоенергетиці та технологіях захисту довкілля, тенденцій та перспектив розвитку цих галузей науки, зокрема в умовах воєнного стану.

Матеріали подано мовами оригіналів. За викладення, зміст і достовірність матеріалів відповідають автори.

Оргкомітет конференції.

© Національний університет  
«Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», 2023 рік

## **ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ДІОКСИДІВ ВУГЛЕЦЮ ТА ПИЛОВИХ ЧАСТИНОК У ШКІЛЬНОМУ КЛАСІ**

Дослідження, які націлені на вивчення параметрів внутрішнього повітря в закладах освіти, де навчаються діти, завжди залишаються актуальними. В Україні існує значна кількість вітчизняних нормативних документів: державних санітарних норм, будівельних норм, гігієнічних регламентів, ДСТУ, що рекомендують створювати та підтримувати конкретні параметри мікроклімату в приміщенні (температуру, відносну вологість, швидкість повітря, радіаційну температуру).

При застосуванні цих параметрів потрібно враховувати, що діти більш чутливі до зовнішніх подразників, гостріше реагують на будь-які некомфортні умови. Тому здоровий мікроклімат у закладі освіти – пріоритет номер один. А свіже повітря – це не розкіш, а життєва необхідність.

Зараз, коли Україна крокує до Європейської Спільноти, від України вимагають врахування Європейських норм й тому вона повинна наближати своє санітарно-гігієнічне й будівельне законодавства до Європейського. А з прийняттям Україною Європейських стандартів (ДСТУ Б EN 15251:2011 та ДСТУ EN 13779:2013), виникає потреба враховувати й концентрації забруднюючих речовин, у тому числі діоксиду вуглецю та пилових частинок. За нормами Європейських стандартів для зовнішнього повітря різної місцевості концентрація в ppm приймається різною. Так, вона знаходиться в межах: для сільської місцевості – 350 ppm, для невеликих міст із приблизною чисельністю 50-300 тис. осіб – 400-450 ppm, а для великих промислових міст – понад 550 ppm.

Особливої уваги заслуговує оцінка концентрації CO<sub>2</sub> у прибалтійських країнах та США, де для дитячих закладів оптимальна концентрація повинна бути не більше ніж 800 та 600 ppm відповідно. Проте на практиці, рекомендований рівень є недосяжним для багатьох шкіл. Натурні дослідження, проведені у школах Німеччини, показали, що більшу частину навчального періоду кількість вуглекислого газу у повітрі перевищує 1500 ppm, а деколи наближається до 2500 ppm.

Державні будівельні норми України, рекомендують при дослідженні мікроклімату додаткового проведення експериментальних лабораторних досліджень. Для цього перед першим уроком і в кінці останнього уроку в приміщенні проводили: вимірювання температури повітря, відносної вологості, швидкості руху повітря, концентрації CO<sub>2</sub>, формальдегіду та

інших речовин. При цьому враховано, що приміщення класів і кабінети слід провітрювати на перервах, а рекреації – під час уроків. Фрамугами та квартирками слід користуватися впродовж всього уроку. Тобто, до початку занять і після їх закінчення необхідно здійснювати наскрізне провітрювання навчальних приміщень.

Останнім часом інформаційний простір приділяє все більше уваги дрібно дисперсним частинкам PM2.5 та PM10. Ці частинки – це повітряний забруднювач, до складу якого входять як тверді мікрочастинки, так й замалі крапельки рідини. Вони мають розмір приблизно від 10 нм до 2.5 мкм. І в різних джерелах ці частинки також мають інші назви: FSP (fine suspended particles), fine particles, дрібнодисперсний пил тощо. Слід відзначити, що дрібні частинки PM2.5 досить легко проникають крізь біологічні бар'єри (носову порожнину, верхні дихальні шляхи, бронхи) та при обміні можуть попадати у кров, а це приводить до захворювань серцево-судинної системи. За матеріалами ВООЗ, частинки PM2.5 скорочують очікувану тривалість життя, з цим пов'язано 3% смертей від захворювання серцево-судинної та дихальної систем та 5% смертей від рака легенів. Тому, зменшення концентрації частинок PM2.5 та PM10 у повітрі є важливим завданням для забезпечення якості життя людей і збереження довкілля. Що вимагає впровадження ефективних заходів для зменшення забруднення повітря, таких як контроль викидів, використання більш чистих енергетичних джерел і підтримка сталих способів життя.

У вересні – грудні 2022 року в ліцеї №6 «Лідер» м. Полтава, в одному з класів, нами були проведені експериментальні дослідження мікрокліматичних параметрів внутрішнього повітря при одночасній фіксації зовнішнього повітря. Одночасно з вимірами температур та відносної вологості проводилися виміри концентрацій діоксиду вуглецю та пилових частинок PM2.5 та PM10.

Фрагмент результатів наведено на рисунку. На ньому видно характерне поступове збільшення концентрації CO<sub>2</sub> в класі, яке доходить до 4300 ppm, що перевищує норму в більше, ніж у 4 рази. Концентрація пилових частинок PM10 зменшувалася з 12 до 9 ppm впродовж уроків, оскільки частинки осідали під дією гравітації. Концентрація пилових частинок PM2.5 також має тенденцію до зменшення під час уроків, а її тимчасове збільшення можливо пояснити підвищеною активністю дітей на перерві. Що фактично не вплинуло на важкі частинки PM10.

На рис. 1 наведені результати експериментальних досліджень, коли в приміщенні класу вікна (із метою експерименту) були зачинені й фактичний вплив вентиляції приміщення відсутній. При наявності «провітрювання» в приміщенні показники мікрокліматичних параметрів внутрішнього повітря шкільного класу фактично вкладались у нормативні значення.

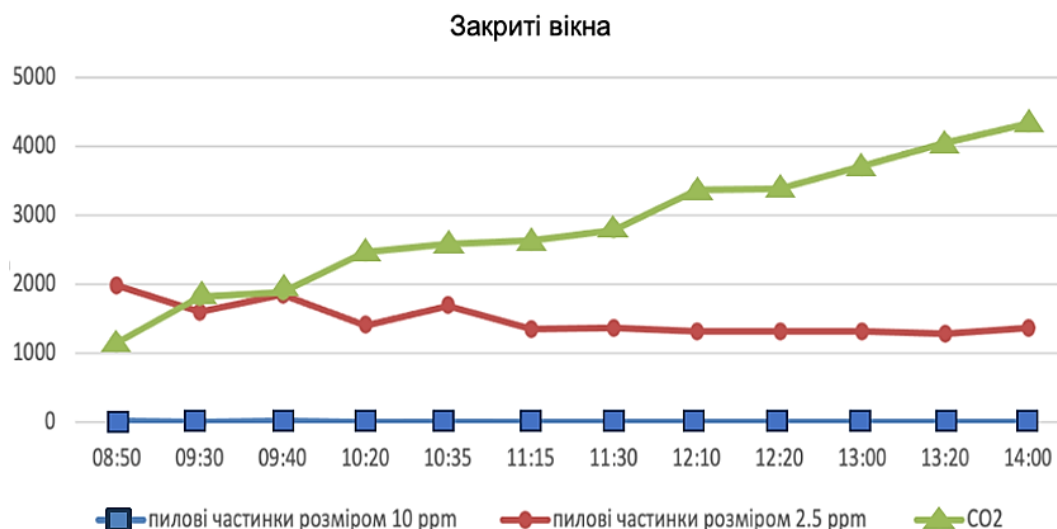


Рис. 1. Зміна концентрацій пилових частинок та діоксиду вуглецю впродовж навчального дня у шкільному класі (вікна зачинені)

Сучасний стан обладнання для виміру пилових частинок дозволяє вимірювати й більш дрібні частинки розміром 0.3 мкм, концентрація яких знаходилась у межах 150-200 тисяч ppb і змінювалась в широкому діапазоні, що ускладнює узагальнення й потребує подальшого більш плідного дослідження. Слід відзначити, що сучасні стандарти та будівельні норми не містять рекомендованих нормованих значень цих концентрацій.

Результати експериментальних робіт доповідались на секції малої академії ліцею та були рекомендовані на конкурс науково-дослідницьких робіт МАН міста Полтави, де робота зайняла перше місце та була рекомендована на обласний конкурс МАН, де також була відзначена Дипломом першого ступеня в секції «Охорона довкілля та раціональне природокористування» та рекомендована для захисту на III рівні Всеукраїнського конкурсу науково-дослідницьких робіт у квітні 2023 року в Києві. У травні 2023 року, наукова робота була відзначена Дипломом 3-го ступеня на III рівні Всеукраїнського конкурсу науково-дослідницьких робіт МАН.

Нами визначена необхідність проведення другого етапу досліджень, орієнтованого на вивчення характеру зменшення вірусних аерозольних патогенних частинок у повітрі шкільного класу шляхом використання сучасних технологій та повітряних фільтрів HEPA-ULPA, і дослідження зміни концентрацій пилових частинок у залежності від різних погодних умов та періодів року. Це дозволить вийти на новий рівень боротьби із вірусними інфекціями також у дитячих закладах дошкільної освіти.