

9. Sursock A. Trends 2015: Learning and Teaching in European Universities. European University Association. Brussels: EUA, 2015. 128 p.

10. Wang S. Meta-management of virtual organizations: toward information technology support // Internet Research. 2000. Vol. 10, Issue 5. P. 451–459. doi: <http://doi.org/10.1108/10662240010349462>

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Білоусов В. В.  
Дата надходження рукопису 04.10.2018*

**Климнюк Віктор Євгенович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра комп'ютерних систем і технологій, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, пр. Науки, 9-а, м. Харків, Україна, 61166  
E-mail: viktor.klymniuk@hneu.net

УДК 543.271.3

DOI: 10.15587/2313-8416.2018.148696

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ В ПРИМІЩЕННІ ВІД ЗОВНІШНЬОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ

© **В. М. Івасенко, А. А. Люлевич**

*Розглянуто проблему визначення залежності концентрації діоксиду вуглецю в приміщенні в залежності від зовнішньої концентрації. Проведені вимірювання зовнішньої та внутрішньої концентрації діоксиду вуглецю за допомогою приладу на основі сенсору MH-Z19.*

*В результаті роботи розглянуті та проаналізовані масиви даних отриманих при вимірюванні зовнішньої та внутрішньої концентрації діоксиду вуглецю. Розглянуті додаткові фактори, які можуть впливати на концентрацію діоксиду вуглецю в приміщенні. Розглянуто та проаналізовано нормативи концентрації діоксиду вуглецю в приміщенні*

**Ключові слова:** сенсор MH-Z19, діоксид вуглецю, концентрація, повітря приміщень, зовнішнє повітря

### 1. Вступ

Підвищення рівню концентрації діоксиду вуглецю в навколишньому повітрі є наслідком підвищення кількості автомобілів [1, 2] та нарощування виробничих потужностей підприємств. Також на підвищення рівня діоксиду вуглецю впливає вирубка лісів [3]. Концентрація діоксиду вуглецю є неоднорідною, може змінюватись в залежності від характеру місцевості, а також від наявності джерел забруднення, таких як: металургійні, хімічні, нафтохімічні заводи та інші види промисловості. Оскільки більшу частину життя сучасна людина, все ж проводить в приміщеннях, виникає актуальне питання визначення концентрацій CO<sub>2</sub> в середині приміщень [4, 5].

Інтерес становлять дослідження за змістом діоксида вуглецю між поверхами в багатоповерхових будинках, що знаходяться під впливом зовнішніх джерел викиду, що важливо при оцінці персональної експозиції.

### 2. Літературний огляд

За останнє десятиліття питанню моделювання експозиції організму людини під дією екологічних забруднень, приділялася велика увага. В результаті проведення багатьох досліджень з оцінки експозиції людини, була підготовлена база для побудови моделей експозиції людини по CO, летких органічних сполук (ЛОС), пестицидів і PM10 [5, 6]. Результати таких натурних досліджень дозволили набагато глибше зрозуміти варіації концентрацій забруднювачів

всередині приміщень, на відкритому повітрі та в разі персональної експозиції. Разом з тим, вимірювання концентрацій забруднювачів, як правило, піддаються узагальненню і технічній інтерпретації з точки зору дози, що впливає на організм людини за допомогою моделей експозиції.

### 3. Мета та задачі дослідження

*Мета проведених досліджень* є розробка розрахункових залежностей для оцінки якості повітря в приміщеннях будівель в залежності від якості зовнішнього повітря. Знаючи розташування будівлі (сільська місцевість, місто) і рівень концентрації діоксиду вуглецю в зовнішньому повітрі, за допомогою визначеної залежності легко визначити його розрахунковий зміст в повітрі приміщення.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1. Провести вимірювання концентрації діоксиду вуглецю по висоті будівлі.
2. Порівняти отримане значення концентрації з вимогами Європейського Союзу по вмісту діоксиду вуглецю у приміщеннях.
3. Визначити залежності внутрішньої концентрації діоксиду вуглецю від зовнішньої концентрації.

### 4. Методи дослідження

В результаті проведення загальнонаціонального дослідження бюджету часу населення США з'ясувалося, що вдома люди проводять в середньому

87,2 % свого часу, в дорозі – 7,2 % і на відкритому повітрі – 5,6 % [7].

Таким чином, внутрішньому середовищу належить ключова роль в персональній експозиції, так як протягом дня головну частину свого часу люди проводять вдома, на роботі або в школі.

Забруднюючі речовини, присутні в зовнішньому середовищі, мають свій вплив на концентрації забруднювачів всередині приміщення.

Як забруднювач був обраний діоксид вуглецю CO<sub>2</sub>, як домішка з однією з найвищих концентрацій в повітряному середовищі. Даних натурних досліджень концентрацій CO<sub>2</sub> в будівлі від зовнішніх забрудню-

вачів представлено недостатньо, дослідження були проведені лише тільки в приземному шарі [8].

Розподіл забруднюючих речовин по висоті має певний характер [9]. Інтерес представляють дослідження на вміст діоксиду вуглецю між поверхнями в багатоповерхових будинках, що важливо при виборі повітрезабору для приточної вентиляції будівель.

Перед тим як почати вимірювання був розроблений план досліджень. Вимірювання проводились у спальному районі. Результати вимірювань були порівняні з європейськими стандартами приведеними в табл. 1.

Таблиця 1

Концентрації діоксиду вуглецю в приміщенні за EN 13779:2007 [10]

Клас		Концентрація CO <sub>2</sub> в приміщенні понад концентрації в зовнішньому повітрі, ppm	
		Типові границі	Типові значення
IDA1	Висока якість повітря	<400	350
IDA2	Середня якість повітря	400–600	500
IDA3	Прийнятне якість повітря	600–1000	800
IDA4	Низьке якість повітря	>1000	1200

### 5. Результати досліджень та їх обговорення

Величина концентрації CO<sub>2</sub> в зовнішньому повітрі вимірювалася по висоті будівлі. Всього було вибрано 3 пости спостережень. Відбір проб проводився з 8 до 13 год. або з 14 до 18 год., чергуючи дні з ранковими та вечірніми термінами. При відборі проб поблизу будівлі на відстані не менше 0,5 м від стіни. Відбір проб також проводився і всередині приміщень.

Наведено залежності на рис. 1 величини концентрації CO<sub>2</sub> від висоти будівлі.

Обробка результатів експериментальних досліджень дозволила отримати напівемпіричні залежності величини концентрації CO<sub>2</sub> від висоти будівлі. Залежності характеризуються значенням коефіцієнта достовірності аппроксимацій  $R^2 \geq 0,98$ .

$$C_{\text{зовн}} = -0,0214x^2 - 3,6409x + 554,48$$

Якість повітря на різних поверхнях будинку за EN 13779:2007 [10] приведена в табл. 2.

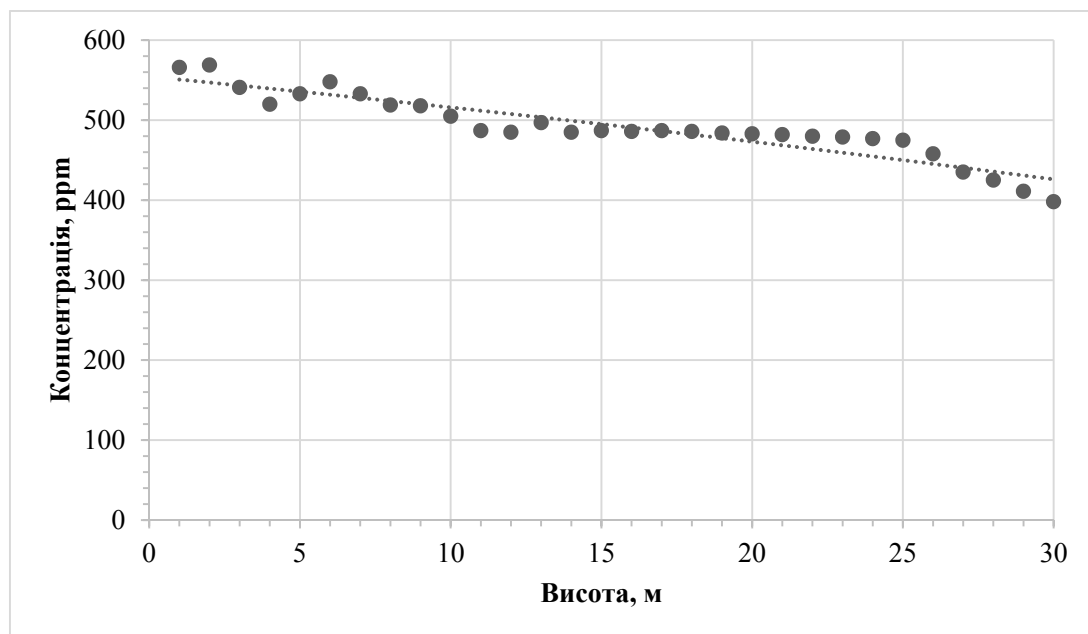


Рис. 1. Залежність зовнішньої концентрації CO від висоти

Якість повітря на поверххах будинку

Клас якості	Поверх будинку
Середня якість повітря (IDA2)	1–8
Висока якість повітря (IDA1)	9

### 6. Залежності внутрішньої концентрації діоксиду вуглецю від зовнішньої концентрації

Концентрація діоксиду вуглецю в приміщеннях має високу залежність від кількості осіб, які в ній знаходяться, об'єму приміщення, та вентиляційних можливостей приміщення.

Концентрації забруднювачів всередині приміщення може бути змодельована на підставі емпіричної залежності, при якій концентрації забруднювачів всередині приміщення виражаються як функція концентрацій на відкритому повітрі:

$$C_{\text{заг}} = \beta_0 \times C_{\text{зовн}} + \beta_1,$$

де  $C_{\text{заг}}$  – загальна концентрація в приміщенні,  $C_{\text{зовн}}$  – зовнішня концентрація,  $\beta_0$  – фактори які помножують зовнішню концентрацію,  $\beta_1$  – концентрація продуктів життєдіяльності людини.

Головними джерелами надходження  $\text{CO}_2$  в навколишнє середовище є автомобільний транспорт і спалювання моторного палива. Разом з тим, газові побутові плити або нагрівальні прилади і куріння також сприяють підвищенню концентрації  $\text{CO}_2$  всередині приміщення. В принципі, рівні вмісту  $\text{CO}_2$  всередині приміщення в будинках з газовими приладами для приготування їжі трохи вище відповідних рівнів на відкритому повітрі.

В ідеальних експозиційних моделях повинні обов'язково поєднуватися вимірювання концентрацій забруднювачів на відкритому повітрі і всередині приміщення або результати прогнозів, які пропорційно відображають ту частку часу, що припадає на кожне з цих двох основних мікросередовищ. Ці дані мають велике значення для планування досліджень за допомогою моніторингу та допомагають глибше аналізувати ефекти на здоров'я.

### 7. Висновки

1. Після проведення досліджень було виявлено, що найвищі концентрації від зовнішніх джерел забруднення відзначаються на рівні 1 і 2 поверху.

2. Порівнявши отримані данні з вимогами Європейського Союзу (EN 13779:2007) можна зробити висновок, що найвища якість повітря спостерігається на 9 поверсі і вище.

3. Головним фактором який впливає на внутрішню концентрацію  $\text{CO}_2$  в приміщенні є зовнішній рівень  $\text{CO}_2$ .

Мінімальна можлива концентрація  $\text{CO}_2$  в середині приміщення дорівнює зовнішній концентрації  $\text{CO}_2$ . Вплив зовнішнього рівня можливо знизити лише за допомогою систем фільтрації. Наступною за важливістю є концентрація продуктів життєдіяльності людини.

### Література

1. Ще раз про роль автотранспорту в забрудненні атмосферного повітря / Черниченко І. О. та ін. // Гігієна населених місць. 2010. № 55. С. 150–157.
2. Бабій В. Ф., Худова В. М., Кондратенко О. С. Нагальні проблеми впливу сучасного автотранспорту на довкілля // Гігієна населених місць. 2011. № 58. С. 53–60.
3. Perturbations of the Natural Carbon Cycle from Human Activities / Chidthaisong A. et. al. // IPCC Fourth Assessment Report. Working Group I Report «The Physical Science Basis». Section 7.3.1.2. P. 514–515. URL: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter7.pdf>
4. Шилькрот Е. О., Губернский Ю. Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта // АВОК. 2008. № 4. С. 4–17.
5. Bo M., Clerico M., Pognant F. Annoyance and disturbance hazard factors related to work and life environments: A review // Geam-Geoing. Ambient. E Mineraria-Geam-Geoengin. Environ. Min. 2016. Issue 149. P. 27–34
6. Assessment of Indoor-Outdoor Particulate Matter Air Pollution: A Review / Bo M. et. al. // Atmosphere. 2017. Vol. 8, Issue 12. P. 136. doi: <http://doi.org/10.3390/atmos8080136>
7. Robinson J., Nelson W. C. National human activity pattern survey data base. Research Triangle Park, NC, US Environmental Protection Agency, 1995.
8. Exposure Assessment for Estimation of the Global Burden of Disease Attributable to Outdoor Air Pollution / Brauer M. et. al. // Environmental Science & Technology. 2012. Vol. 46, Issue 2. P. 652–660. doi: <http://doi.org/10.1021/es2025752>
9. Илюшин Б. Б., Митин И. В., Сиковский Д. Ф. Модели функции плотности вероятностей для описания распространения примеси в конвективном пограничном слое атмосферы // Известия Томского политехнического университета. 2015. Т. 326, № 7: Инжиниринг георесурсов. С. 51–59.
10. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and roomconditioning systems: EN 13779:2007. Brussels, 2007. 72 p.

Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Защепкіна Н. М.  
Дата надходження рукопису 25.09.2018

**Івасенко Віталій Михайлович**, кандидат технічних наук, асистент, кафедра наукових аналітичних та екологічних приладів та систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056  
E-mail: [ivassenko-vitaliy@ukr.net](mailto:ivassenko-vitaliy@ukr.net)

**Люлевич Артемій Андрійович**, кафедра наукових аналітичних та екологічних приладів та систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056  
E-mail: [artemii.lulevich@gmail.com](mailto:artemii.lulevich@gmail.com)