

Вплив повітрообміну в приміщеннях на енергоефективність багатоквартирних житлових будинків

Галина Гетун¹, Вікторія Кошева², Роман Гамоцький³, Артем Гончаренко⁴

Київський національний університет будівництва і архітектури

31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037

¹galinagetun@ukr.net, orcid.org/0000-0002-3317-3456,

²vikk-ko@ukr.net, orcid.org/0000-0001-9548-9999,

³roman.gamotskii@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5469-8606,

⁴hosting.pat@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5647-1360

DOI: 10.32347/2310-0516.2019.13.58-68

Анотація. Основою сучасної світової політики енергозбереження є система законодавства, яка передбачає сукупність інституційних, регулятивних і стимулюючих заходів щодо режиму раціонального споживання природних ресурсів. Одним з найважливіших складових забезпечення енергоефективності багатоквартирних житлових будинків є удосконалення технічних нормативно-правових актів щодо їх теплозахисту. Збільшення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі знижує трансмісійні втрати тепла, проте витрати на нагрівання інфільтруючого повітря в приміщеннях залишаються незмінними, завдяки чому їх частка в загальному тепловому балансі будівлі постійно зростає, до теплової модернізації вона складає 30%, а після – 73%.

Для пошуку методів зниження втрат теплоти, які пов'язані з вимогами обов'язкової вентиляції приміщень житлових будинків, розглянуто існуючі нормативи припливного повітря, які складають 2,5 м³/людину на 1 м² житлової площі [4]. Дана величина визначена з урахуванням потрібного для асиміляції CO₂ повітрообміну та норм житлової площі на одну людину.

В зв'язку з покращенням житлових умов населення України та збільшення забезпеченості житловою площею показник потрібного повітрообміну може бути зменшений до 1,6 м³/людину на 1 м² житлової площі. Розрахунки показують, що пониження показника повітрообміну призводить до збільшення класу енергоефективності будівлі та зменшенню частки втрат теплоти на нагрівання припливного повітря в загальному балансі теплоти. Доведено, що завдяки розмі-



Галина Гетун
професор кафедри архітектурних
конструкцій
к. т. н.



Вікторія Кошева
асистент кафедри архітектурних
конструкцій



Роман Гамоцький
Студент-магістр (ПЦБ)



Артем Гончаренко
Студент-магістр (ФІСЕ)

щенню по сторонах горизонту віконних прорізів багатоквартирного житлового будинку можна досягти зниження питомого показника витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі. Так як сучасні герметичні вікна не можуть підтримувати запропонований нами, і тим паче нормативний показник повітрообміну, пропонується вікна приміщень кухонь комплектувати припливними клапанами.

Ключові слова. Повітрообмін; інфільтрація; тепловтрати; багатоквартирний житловий будинок; енергоефективність; клас енергоефективності.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Основною проблемою, яка виникає при проектуванні систем вентиляції та кондиціонування повітря в багатоквартирних житлових будинках, є низька санітарно-гігієнічна ефективність інженерних систем при значних капіталовкладеннях і енергозатратах. Технологія енергоефективного («зеленого») будівництва сформувалась в найбільш урбанізованих країнах на початку 90-х років. В Україні перші стандарти щодо енергоефективного будівництва були розроблені в 1995 році, зараз налічується близько 50 діючих нормативних актів.

Активний рух в Україні щодо зниження витрат теплової та електричної енергії при проектуванні, будівництві та експлуатації будівель почався в 2005 році. Утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель (стін, покриттів, фундаментів) з використанням сучасних ефективних будівельних матеріалів і технологій призвели до суттєвих знижень теплових витрат через зовнішню оболонку будівель [2, 6]. Частка затрат на опалення знизилась, проте подальше збільшення товщини утеплювачів в огорожувальних конструкціях вже не призводить до значного зниження енергозатрат без значних капіталовкладень. В зв'язку з цим частка затрат на системи вентиляції та кондиціонування в структурі енергоспоживання будівель значно зросла та має важливе значення при проектуванні енергоефективних будівель.

При проектуванні систем вентиляції та кондиціонування повітря в багатоповерхових житлових будинках необхідно забезпечувати оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях за рахунок використання раціональних систем повітрообміну і затрат енергоресурсів на дані системи.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведенні дослідження в багатьох країнах, в тому числі і в Україні [1, 16], показали, що в багатоповерхових будівлях без теплової модернізації, 42% втрат тепла відбувається через стіни, 7% – через покриття, 5% – через підвал, 16% – через вікна, а на системи вентиляції та кондиціонування приходиться до 31%. Після утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій показники тепловтрат через стіни становлять близько 19%, через покриття та підвал – 3 і 4% відповідно, через вікна – 14%. Але для систем вентиляції та кондиціонування показник тепловтрат збільшується до 45%.

Очевидно, що вирішуючи питання енергоефективності багатоквартирних житлових будинків, більше уваги необхідно приділити ефективності роботи систем вентиляції, тобто намагатися використовувати ту теплову енергію, яка занадто щедро викидається в атмосферу.

Підвищення енергоефективності багатоквартирних житлових будинків є одним з пріоритетних напрямків енергетичної політики України. Сьогодні зниження енергозатрат при експлуатації багатоквартирних багатоповерхових житлових будинків досягається комплексом організаційних і технічних заходів, які спрямовані на:

- утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій;
- оптимізацію архітектурно-планувальних рішень та їх гармонізацію з кліматичними особливостями району будівництва (вибір форми та орієнтації за сторонами світу), використання скляних огорожувальних конструкцій з метою оптимізації теплового та повітряного балансів;
- утилізацію тепла вторинних енергетичних ресурсів;
- використання енергії відновлювальних ресурсів;
- оптимізацію систем енергозбереження, яка включає в себе:

а) удосконалення нормативної бази, методик розрахунку потрапляння тепла через світлопрозорі огорожувальні конструкції за рахунок сонячної енергії;

б) вибір світлотехнічних характеристик світлопрозорих огорожувальних конструкцій та підбір оптимальних розмірів сонцезахисних конструкцій;

в) теоретичне обґрунтування методів розрахунку при визначенні нормативної кратності повітрообміну в приміщеннях;

г) науково обґрунтовані санітарно-гігієнічні норми впливу температури і вологості зовнішнього повітря на людину;

д) використання комбінованих систем вентиляції: природної та механічної при мінімізації або відсутності системи кондиціонування повітря;

- встановлення енергозберігаючого інженерного обладнання та ін.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

В сучасному багатоквартирному житловому будинку більшу частину сумарних розрахункових тепловтрат складають втрати на нагрівання інфільтруючого повітря в приміщеннях. Так для багатоквартирного 7-ми поверхового житлового будинку основні та трансмісійні тепловтрати через огорожувальні конструкції складають близько 40%, на нагрівання припливного повітря – 60% (опір теплопередачі огорожувальних конструкцій прийнято відповідно до діючих нормативних документів [2]). Порівняння частки тепловтрат на нагрівання інфільтруючого повітря та трансмісійні витрати при нормованих значеннях опору теплопередачі огорожувальних конструкцій багатоквартирного житлового будинку, в залежності від змін вимог до теплозахисту огорожувальних конструкцій будівель в Україні за ДБН [5, 3, 2], представлено на рис. 1.

Аналізуючи діаграми рис. 1, можна зробити висновок, що частка тепловтрат на нагрівання інфільтруючого повітря в приміщеннях багатоквартирного житлового

будинку зростала, при цьому зменшувалась величина трансмісійних тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції в результаті збільшення нормативних показників опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

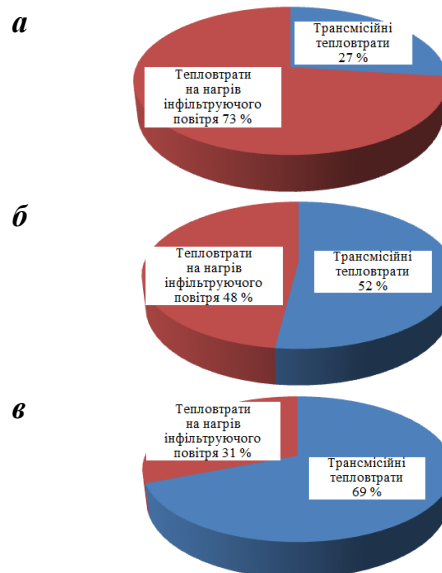


Рис. 1. Структура енергоспоживання багатоповерхового житлового будинку згідно державних нормативів теплозахисту огорожувальних конструкцій в Україні: а – діючих [2]; б – 2006...2016 рр. [3]; в – 1996...2006 рр. [5]

Fig. 1. Structure of energy consumption for residential building according to: а – current standards for thermal protection [2]; б – 2006...2016 yr. [3]; в – 1996...2006 yr. [5]

Тому, з точки зору покращення енергоефективності багатоквартирних житлових будинків існують різноманітні підходи щодо зменшення тепловтрат на нагрівання припливного повітря. Суть першого підходу полягає в проектуванні централізованої припливно-витяжної вентиляції в таких будинках, що приводить до збільшення витрат: капітальних – вартість вентиляційного обладнання, повітроводів та їх пристроїв і експлуатаційних – електроенергія для приводу вентиляторів.

На даний час в Україні більшість багатоквартирних житлових будинків

обладнанні природною системою вентиляції з додатковим використанням допоміжних елементів і розрахованих та регульованих розмірів отворів (вентиляційних каналів, витяжних шахт тощо). Природна вентиляція, яка спричинена різницею густин повітря зовнішнього і внутрішнього, відбувається через негерметичності в огорожувальних конструкціях під впливом теплових напорів або/і вітрових тисків.

Аналіз діючої нормативно-технічної літератури України показав, що значення показника кратності повітрообміну в приміщеннях житлових будинків різняться. Так, в ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [6] кратність повітрообміну для житлових приміщень при підвищених оптимальних умовах складає $n = 0,7 \text{ год}^{-1}$, а при допустимих умовах – $n = 0,5 \text{ год}^{-1}$. Також слід відмітити, що питомі витрати вентиляційного повітря надаються в одиницях виміру $[\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)]$ і $[\text{год}^{-1}]$ та співвідносяться між собою при висоті приміщення (від підлоги до стелі) 2,5 м. В ДБН В.2.2-15-2005 «Житлові будинки» [4] нормована кратність повітрообміну для житлових приміщень складає $n = 1 \text{ год}^{-1}$.

За стандартами пасивного будівництва [20] максимальне значення повітрообміну $n = 0,6 \text{ год}^{-1}$, а нормальним вважається $n = 0,4 \text{ год}^{-1}$. Проте, ці значення допустимі лише за наявності контрольованих систем вентиляції та кондиціонування приміщень житлових будинків. На сьогоднішній день Україна продовжує рухатися в напрямку покращення показників енергоефективності будівель, опираючись на норми та стандарти країн Західної Європи [20-26]. Тому можна припустити, що тенденція буде розвиватися та поступово кратність повітрообміну буде зменшуватись.

Відповідно до ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція» [2] кратність повітрообміну для житлових приміщень становить $n = 0,8 \text{ год}^{-1}$ при висоті приміщення 2,5 м.

За вимогами СНиП 2.08.01–89 та СНиП 2.04.05–91*У [7, 8] повітрообмін в

житлових приміщеннях дорівнював $3 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 м^2 площі підлоги житлового приміщення. Дана величина була розрахована на основі досліджень німецького гігієніста Карла Флюгге та визначалася виходячи з витрати повітря, яка потрібна для асиміляції CO_2 .

Для визначення витрати повітря використовували формулу:

$$L = \frac{m_{\text{CO}_2}}{q_{\text{внд}} + q_{\text{пр}}} \quad (1)$$

де: m_{CO_2} – кількість CO_2 , що виділяє одна людина в залежності від категорії робіт, які вона виконує, $\text{г}/\text{год}$, (табл. 1);

$q_{\text{внд}}, q_{\text{пр}}$ – концентрація CO_2 у повітрі, що видаляється та припливному, відповідно, $\text{г}/\text{м}^3$.

Табл.1. Виділення CO_2 однією людиною [10]

Tab. 1. CO_2 emissions by one person [10]

Категорія робіт	Кількість CO_2 , $\text{г}/(\text{год} \cdot \text{людину})$
Стан спокою	40
Легка робота	45
Робота середньої важкості	60
Тяжка робота	90

К. Флюгге [9] прийняв, що величина виділення CO_2 однією людиною складає $21,6 \text{ л}/\text{год}$ (або $40 \text{ г}/\text{год}$), показник концентрації CO_2 для зовнішнього повітря складає $0,04\%$ (або $0,73 \text{ г}/\text{м}^3$), а допустима концентрація CO_2 в житловій кімнаті складає $0,1\%$ ($1,83 \text{ г}/\text{м}^3$). Відповідно необхідна витрата повітря складатиме:

$$L = \frac{40}{1,83 - 0,73} = 36 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Виходячи з норм житлової площі на одну людину, які були прийняті за часів Радянського Союзу [7] отримуємо:

$$\frac{36}{12} = 3 \frac{\text{м}^3}{\text{год} \cdot \text{м}^2}$$

Відповідно розрахункам К. Флюгге [9] значення показника повітрообміну $n = 3 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ прийнята при висоті стелі 3 м. Сучасний показник теплообміну складає $n = 2,5 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$, який розрахований на мінімальну висоту стелі 2,5 м [4].

За вимогами СНиП 2.08.01–89 «Жилые здания» [7], які діяли в Україні до 01.01.2006 року, норми житлової площі для двокімнатної квартири становили: мінімальна площа загальної кімнати – не менше 16 м^2 , інших житлових кімнат та кухні – не менше 8 м^2 . Провівши відповідні розрахунки, мінімальна житлова площа двокімнатної квартири становить:

$$16 + 8 = 24 \text{ м}^2$$

Для сім'ї з двох чоловік за нормами [7] житлова площа на людину становила 12 м^2 .

Виходячи з діючих в Україні вимог до житлових будинків II категорії соціальної спрямованості за ДБН В.2.2-15-2005 «Житлові будинки» [4] мінімальна житлова площа для загальної кімнати – 17 м^2 , для спальні – 14 м^2 , тоді для двокімнатної квартири площа буде в межах $48 \dots 58 \text{ м}^2$. З врахуванням сім'ї з двох людей, мінімальна житлова площа на 1 людину становитиме $15,5 \text{ м}^2$, а необхідна кратність повітрообміну становитиме $n = 2,323 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$, що найбільш наближено до $n = 2,5 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$.

Розглянемо більш детально можливість скорочення витрат теплової енергії на нагрівання інфільтруючого повітря без використання централізованих систем вентиляції. Для початку поставимо під сумнів величину нормативного показника величини повітрообміну в багатоповерхових житлових будинках.

Провівши аналіз досліджень західних спеціалістів [10, 11] та діючих в Україні норм [6], допустима концентрація CO_2 в повітрі для житлових приміщень становить 1000 ppm (часток на мільйон), або $0,1\%$ ($1,83 \text{ г/м}^3$). Порівняльна характеристика концентрації CO_2 згідно діючих міжнародних, українських та російських норм представлені в таблиці 2.

Табл. 2. Концентрація CO_2 в зовнішньому повітрі [13, 14, 15]

Tab. 2. Concentration of carbon dioxide in outdoor air [13, 14, 15]

Тип місцевості	Концентрація CO_2 , г/м^3 (ppm), відповідно	
	ДСТУ Б EN 13779:2011 (ГОСТ Р EN 13779)	СТО НП «АВОК» 2.1–2008
Сільська	0,64 (350)	0.60 (332)
Малі міста	0,73 (400)	0.74 (409)
Великі міста	0,82 (450)	0.93 (511)

Виходячи з даних, представлених в таблиці 2, було отримано необхідну витрату повітря на одну людину (таблиця 3).

Табл. 3. Необхідний повітрообмін для видалення CO_2

Tab. 3. Required air exchange for removing CO_2

Тип місцевості	Необхідний теплообмін (L), $\text{м}^3/(\text{год} \cdot 1 \text{ людину})$, відповідно	
	ДСТУ Б EN 13779:2011 (ГОСТ Р EN 13779)	СТО НП «АВОК» 2.1–2008
Сільська	34	33
Малі міста	36	37
Великі міста	40	44

Згідно таблиці 3, для сільської місцевості та малих міст показники повітрообміну майже однакові, для великих міст різниця становить 20%. Джерела [13] та [16] рекомендують використовувати величину мінімального показника повітрообміну для житлової зони $30 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot 1 \text{ людину})$. Виходячи з результатів розрахунків наведених в таблиці 3, з достатнім рівнем точності, величину показника повітрообміну можна прийняти

40 м³/(год·1 людину), як такий, що задовольняє вимоги.

Згідно даних Державної статистичної служби України в 2018 році мінімальна площа нових квартир, які будувалися, складала 57,9 м². В середньому на 1 людину припадає 23,8 м² житлової площі (в Європі цей показник становить 40 м²).

Таким чином, нормативна витрата повітря повинна складати:

$$\frac{40}{23,8} = 1,6 \frac{\text{м}^3}{\text{год} \cdot \text{м}^2}$$

Зменшення показника повітрообміну в 1,5 рази призведе і до зменшення витрати

тепла на опалення, а кратність повітрообміну буде рівною $n = 0,5 \text{ год}^{-1}$ та відповідати допустимим умовам.

Для кількісного порівняння виконаний розрахунок багатоквартирного житлового будинку за показником питомої витрати енергії на опалення та вентиляцію в опалювальний період відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2016 [2] та ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [17]. Вихідні дані для розрахунків панельного багатоквартирного 7-поверхового житлового будинку з північною орієнтацією головного фасаду в Києві, наведені в табл. 4.

Табл. 4. Вихідні дані для розрахунків

Tab. 4. Initial data for calculations

Показник		Фактичне значення
Місце розташування будівництва		Київ
Розрахункова температура внутрішнього повітря t_{int} , °C		20
Розрахункова температура зовнішнього повітря t_{ext} , °C		-22
Середня швидкість вітру v_{ht} , м/с		2,5
Зовнішні двері	Загальна площа A_1 , м ²	8,82
	Опір теплопередачі конструкції Rq_1 , м ² ·K/Bm	1,4
Вікна	Загальна площа, A_2 , м ²	268,56
	в тому числі:	
	орієнтованих на північ A_{21} , м ²	124,5
	орієнтованих на південь A_{22} , м ²	144,06
	Опір теплопередачі конструкції Rq_2 , м ² ·K/Bm	1,51
Зовнішні стіни	Загальна площа A_3 , м ²	1264,018
	Опір теплопередачі конструкції Rq_3 , м ² ·K/Bm	4,119
Суміщене покриття	Загальна площа A_4 , м ²	233,356
	Опір теплопередачі конструкції Rq_4 , м ² ·K/Bm	9,659
Перекриття над неопалювальним підвалом	Загальна площа A_5 , м ²	233,356
	Опір теплопередачі конструкції Rq_5 , м ² ·K/Bm	4,274
Загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожень A_{sum} , м ²		2008,11
Площа житлових приміщень A_{np} , м ²		619,99
Площа кухонь A_k , м ²		339,92
Опалювальна площа A_h , м ²		1661,47
Опалювальний об'єм V_h , м ³		4943,61

Проводячи розрахунки для даного будинку було встановлено, що при нормальному повітрообміні $2,5 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot 1 \text{ людини})$, показник питомої річної енерговитрати на опалення, гаряче водопостачання та функціонування системи вентиляції становить $EP = 88,03 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$, що відповідає класу енергоефективності – D. Для 7-ми поверхового будинку значення нормативної максимальної питомої енергопотребности (EP_{\max}) за вимогами [2] становить $EP_{\max} = 83 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$. Цей показник відповідає мінімальному класу енергоефективності – C. При показнику повітрообміну $1,6 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ показник питомої енерговитрати становитиме $EP = 67,51 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$, що відповідає класу енергоефективності – B. Таким чином, без використання додаткового вентиляційного обладнання та утеплення огорожувальних конструкцій будинку, відбулося зменшення показника питомої річної енерговитрати в 1,3 рази, що дозволило покращити клас енергоефективності.

Для інших орієнтацій головного фасаду значення EP наведені в таблиці 5.

Аналізуючи результати представлені в таблиці 5 можна відмітити, що зниження витрати теплової енергії на опалення та функціонування системи вентиляції можна за рахунок раціонального розміщення будинку за сторонами горизонту.

Відповідно, у разі орієнтації основної кількості світлопрозорих огорожувальних конструкцій (вікон) з південної сторони – втрати тепла будуть найменшими (у порівнянні з орієнтацією в інших напрямках).

Відношення розрахункових тепловтрат для досліджуваного будинку, отриманих відповідно [6], представлені на рис. 2.

Проте, слід відмітити, що сучасні герметичні світлопрозорі огорожувальні конструкції (металопластові вікна) не можуть забезпечити запропонований притік повітря ($1,6 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$), а тим паче діючий нормативний ($2,5 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$). Нормативний показник повітропроникності таких вікон (за [1] складає $10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$) розрахований на найбільш несприятливі умови

(температура найбільш холодної п'ятиденки, максимальна швидкість вітру в січні). Тому, для забезпечення необхідного повітрообміну в приміщеннях багатоквартирних житлових будинках металопластові вікна повинні обов'язково мати припливні клапани.

Табл. 5. Показник річної питомої енергопотребности при опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні будинку при різних орієнтаціях головного фасаду відносно сторін горизонту

Tab. 5. Annual specific energy demand for heating, cooling and hot water supply of the house at different orientations of the main facade relative to the sides of the horizon

Орієнтація фасаду	Значення EP при нормі повітрообміну, $\text{м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$	
	2,5	1,6
Пн	88,03	67,51
ПнСх	91,34	71,30
Сх	94,19	72,91
ПдСх	91,91	71,67
Пд	88,44	67,55
ПдЗх	91,65	71,38
Зх	94,27	74,48
ПнЗх	91,68	71,69



Рис. 2. Структура тепловтрат житлового будинку при нормі повітрообміну $1,6 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$

Fig 2. Structure of heat losses for residential building with air exchange rate $1.6 \text{ м}^3/(\text{h} \cdot \text{м}^2)$

У 2002 році в ЄС було прийнято «Директиву про енергетичну ефективність» (ДЕЕБ), що є головним законодавчим інструментом, який впливає на енергоспоживання та енергоефективність будівель в країнах ЄС. В 2010 році вийшла оновлена редакція ДЕЕБ, в якій були переглянуті зміни щодо стандартів та норм енергоефективності. Як планувалося раніше, документ зобов'язує впровадження контрольованих систем вентиляції приміщень будівель.

Слід відмітити, що з 2019 року в країнах ЄС можливо здійснювати будівництво не нижче «пасивного» стандарту. У разі, якщо будівля буде відповідати встановленим законодавством стандартам – компанії не дадуть дозвіл на проведення будівельно-монтажних робіт.

Зазвичай, переходи до нових стандартів – процес не швидкий. Проте застосування нових стандартів дозволить підтримувати необхідні параметри мікроклімату в приміщеннях будівель з мінімальними енерговитратами. Ефективність систем рекуперації дозволить замінити в повній мірі природну систему вентиляції приміщення, забезпечити приплив свіжого повітря та одночасно його нагрівати. Середній показник ККД звичайних рекуператорів становить 65...75%, завдяки чому відбудеться зменшення тепловтрат через систему вентиляції та можливе збільшення класу енергоефективності будівлі.

ВИСНОВКИ

1. В результаті дослідження структури теплових витрат в 7-ми поверховому житловому будинку, встановлено, що 59% тепловтрат приходяться на нагрівання інфільтраційного повітря. Це пов'язано із зменшенням показника нормативної витрати припливного повітря.

2. Діючі норми повітрообміну ($2,5 \text{ м}^3/(\text{год}\cdot\text{м}^2)$) завищені для сучасних умов експлуатації приміщень багатоквартирних житлових будинків, а тому спричиняють збільшенню тепловтрат. Для нормальної

експлуатації приміщень житлових будинків в Україні в сучасних умовах значення норми повітрообміну раціонально прийняти на рівні $1,6 \text{ м}^3/(\text{год}\cdot\text{м}^2)$. При цьому питома витрата енергії на опалення, постачання гарячої води та функціонування системи вентиляції в опалювальний період зменшиться в 1,5 рази.

3. Зниження питомої втрати теплової енергії на опалення та вентиляцію багатоквартирного житлового будинку можна досягти завдяки раціональному розміщенню будівлі відносно сторін горизонту.

4. Для забезпечення необхідного повітрообміну в приміщеннях багатоквартирних житлових будинків вікна приміщень кухонь рекомендується оснащувати припливними клапанами.

5. У звичайних системах вентиляції та кондиціонування, процес рекуперації відбувається сумісно з витяжною вентиляцією. Однак, більш економічно доцільним є встановлення окремих рекуператорів в багатоквартирних житлових будинках, які введені в експлуатацію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пилипенко В.М. Комплексная реконструкция индустриальной жилой застройки: организационно-технологические основы. 2007, 280с.
2. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель [Чинний від 01.05.2017]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 31 с.
3. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель [Чинний від 01.04.2007]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2006. 73 с.
4. ДБН В.2.2-15-2005. Житлові будинки. Основні положення [Чинний від 01.01.2006]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2006. 45 с.
5. СНиП П-3-79**. Строительная теплотехника [Действует от 01.07.1979]. Изд. оф. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 32 с.
6. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Чинний від 01.01.2014]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 240 с.

7. **СНиП 2.08.01–89.** Жилые здания [Действует от 01.01.1990]. Изд. оф. М.: ГУП ИПП, 1990 – 14с.
8. **СНиП 2.04.05–91*У.** Отопление, вентиляция и кондиционирование [Действует от 01.10.1996]. Изд. оф. К.: КиевЗНИИЭП, 1996 - с. 89.
9. **Гончарук Е. И.** Коммунальная гигиена: монография / под. общ. ред. Е. И. Гончарука. Киев: «Здоров'я», 2006. 792 с.
10. Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics: EN 15251–2007. Date Approved: 26.03.2007. Brussel: CEN, 2007. 50 р.
11. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality: ASHRAE Standart 62–1989 [Electronic resource]. Mode of Access: <https://ashrae.iwrapper.com>. Date of Access: 24.04.2016.
12. **ГОСТ Р ЕН 13779–2007.** Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования [Действует от 01.10.2008]. Изд. оф. К.: Стандартинформ, 2008. 44 с.
13. **СТО НП «АВОК» 2.1–2008.** Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена [Действует от 01.06.2004]. Изд. оф. М.: НП «АВОК», 2008. 16 с.
14. **ДСТУ Б ЕН 13779:2011.** Вентиляція громадських будівель. Вимоги до виконання систем вентиляції та кондиціонування повітря (ЕН 13779:2007, ІДТ) [Чинний від 01.01.2013]. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://interiorfor.com/wp-content/uploads/2017/06/dsty-b-en-13779-2011.pdf>
15. **Плоский В. О., Гетун Г. В.** Архітектура будівель та споруд. Книга 2. Житлові будинки: Підручник. – Кам'янець-Подільський: Рута, 2017. – 739 с.
16. **Плоский В. О., Гетун Г. В., Мартинов В. Л. та ін.** Архітектура будівель та споруд. Книга 4. Технічна експлуатація та реконструкція будівель: Підручник. – Кам'янець-Подільський: Рута, 2018. – 750 с.
17. **ДСТУ Б А.2.2-12:2015.** Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні [Чинний від 01.01.2016]. [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://thermomodernisation.org/wp-content/uploads/2017/11/1781_2.2-12.pdf
18. **Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель:** наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 № 169
19. **Жуковский С. С., Возняк О. Т., Довбуш О. М., Люльчак З. С.** Вентилювання приміщень. Навчальний посібник. – Львів: Вид. «Львівська політехніка», 2007. – 476 с.
20. **Directive 2010/31/EU** of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>
21. **ISO 50001:2011(E).** Energy management systems. Requirements with guidance for use [Чинний від 15.11.2008]. Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://iso-management.com/wp-content/uploads/2018/09/ISO-50001-2011.pdf>
22. **Directive 2009/28/EC** of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC [Electronic resource] : [website]. – Text data. – Way of access: URL: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02009L0028-20151005>
23. **Directive 2012/27/EU** of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC [Electronic resource] : [website]. – Text data. – Way of access: URL: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=celex%3A32012L0027>
24. **Directive 2008/98/EC** of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives [Electronic resource] : [website]. – Text data. – Way of access: URL: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=celex%3A32012L0027>
25. **Directive 98/70/EC** of the European Parliament and of the Council of 13 October 1998 relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Council Directive 93/12/EEC [Electronic resource]: [website]. – Text data. – Way of access: URL: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:01998L0070-20151005;>
26. **Directive 2003/87/EC** of the European

Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC [Electronic resource] : [website]. – Text data. – Way of access: URL: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02003L0087-20140430>.

REFERENCES

1. **Pilipenko V.M.** Complex reconstruction of industrial residential development: organizational and technological basis / V.M. Pilipenko. - Minsk: Education and upbringing, 2007. - 280 p.
2. **DBN B.2.6-31:2016.** Thermal insulation of buildings [Effective on 05/01/2017]. Kind. offic. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2017. 31 p.
3. **DBN B.2.6-31:2006.** Thermal insulation of buildings [Effective 01.04.2007]. Kind. offic. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2006. 73 p.
4. **DBN B.2.2-15-2005.** Residential buildings. Basic provisions [Effective 01.01.2006]. Kind. offic. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2006. 45 p. СНІП П-3-79**.
5. **DBN B.2.5-67:2013.** Heating, ventilation and air conditioning [Valid from 01/01/2014]. Kind. offic. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2013. 240 p.
6. **СНІП 2.08.01-89.** Residential buildings [Valid from 01/01/1990]. Ed. of. М.: SUE IPP, 1990.
7. **Goncharuk E.I.** Public hygiene: monograph / under. total ed. EI Goncharuk. Kiev: Health, 2006. 792 p.
8. **Indoor Air Quality**, Thermal Environment, Lighting and Acoustics: EN 15251-2007. Date Approved: 26.03.2007. Brussel: CEN, 2007. 50 p.
9. **Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality:** ASHRAE Standart 62-1989 [Electronic resource]. Mode of Access: <https://ashrae.iwrapper.com>. Date of Access: 24.04.2016.
10. **GOST R EN 13779-2007.** Ventilation in non-residential buildings. Technical requirements for ventilation and air conditioning systems [Valid from 10/1/2008]. Ed. of. К.: Standartinform, 2008. 44 p.
11. **Avto NPO Service Station 2.1-2008.** The buildings are residential and public. Air exchange rates [Valid from 06/01/2004]. Ed. of. М.: NP AVOK, 2008. 16 p.
12. **DSTU B EN 13779:2011.** Ventilation of public buildings. Requirements for the implementation of ventilation and air conditioning systems (EN 13779: 2007, IDT) [Effective 01.01.2013]. [Electronic resource] - Access mode: <http://interiorfor.com/wp-content/uploads/2017/06/dsty-b-en-13779-2011>.
13. **Ploski V.A., Getun G.V., Martinov V.L. and others.** Architecture of buildings and structures. Book 4. Technical maintenance and reconstruction of buildings: A textbook. - Kamianets-Podilskyi: Ruta, 2018. - 750 p.
14. **DSTU B A.2.2-12: 2015.** Energy efficiency of buildings. Method of calculation of energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply [Effective on 01/01/2016]. [Online resource] - Access mode: https://thermomodernisation.org/wp-content/uploads/2017/11/1781__2.2-12.pdf
15. **Zhukovsky S.S., Voznyak O.T., Dovbush O.M., Lyulchak Z.S.** Ventilation of premises. Tutorial. - Lviv: View. Lviv Polytechnic, 2007. - 476 p.
16. **Directive 2010/31/EU** of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>
17. **ISO 50001:2011(E).** Energy management systems. Requirements with guidance for use [Чинний від 15.11.2008]. Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://iso-management.com/wp-content/uploads/2018/09/ISO-50001-2011.pdf>
18. **Directive 2009/28/EC** of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC [Electronic resource] : [website]. – Text data. – Way of access: URL: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02009L0028-20151005>
19. **Directive 2012/27/EU** of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC [Electronic resource] : [website]. – Text data. – Way of access: URL: <http://eurlex.europa.eu/legal->

content/en/TXT/?uri=celex%3A32012L0027

20. **Directive 2008/98/EC** of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives [Electronic resource] : [website]. – Text data. – Way of access: URL: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=celex%3A32012L0027>
21. **Directive 98/70/EC** of the European Parliament and of the Council of 13 October 1998 relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Council Directive 93/12/EEC [Electronic resource] : [website]. – Text data. – Way of access: URL: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:01998L0070-20151005>;
22. **Directive 2003/87/EC** of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC [Electronic resource] : [website]. – Text data. – Way of access: URL: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02003L0087-20140430>;

Influence of air exchange in premises on energy efficiency apartment buildings

*Galina Hetun, Victoria Kosheva,
Roman Gamotsky, Artem Goncharenko*

Annotation. The basis of the current global energy conservation policy is a system of legislation that provides for a set of institutional, regulatory and incentive measures for the rational use of natural resources. One of the most important components of ensuring the energy efficiency of

apartment buildings is the improvement of technical regulations regarding their thermal protection. Increasing the heat transfer resistance of building enclosures reduces transmission heat losses, but the cost of heating infiltration air in the premises remains unchanged, resulting in a steady increase in the total heat balance of the building, up to 30% before thermal modernization and 73% afterward.

To find ways to reduce heat loss associated with the requirements of mandatory ventilation of residential buildings, the existing standards of supply air, which is 2.5 m³/person per 1 m² of living space, is considered. This value is determined to take into account the air exchange required for the assimilation of CO₂ and the living space per person.

Due to the improvement of the living conditions of the population of Ukraine and the increase in the availability of living space, the indicator of the required air exchange may be reduced to 1.6 m³/person per 1 m² of living space. The calculations show that a decrease in the air exchange rate leads to an increase in the energy efficiency class of the building and a decrease in the share of heat loss by heating the supply air in the overall heat balance. It is proved that due to the rational placement on the sides of the horizon of the window openings of an apartment building, it is possible to achieve a specific indicator of the consumption of heat energy for heating and ventilation of the building. As modern leak-proof windows cannot support our proposed, and even more so, the normative indicator of air exchange, kitchen windows must be equipped with tidal valves.

Keywords. Air exchange; infiltration; heat losses; apartment building; energy efficiency; energy efficiency class.