

© В.Є. Колесник<sup>1</sup>, О.О. Борисовська<sup>1</sup>, І.В. Монюк<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

## АНАЛІЗ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ЧИННИКІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ЗАХОДІВ ПО ЇЇ ЗНИЖЕННЮ В СИСТЕМІ «КОТЕЛЬНЯ – СПОЖИВАЧІ ТЕПЛА – ДОВКІЛЛЯ»

© V. Kolesnik<sup>1</sup>, O. Borysovska<sup>1</sup>, I. Monjuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

### CRITICAL ANALYSIS OF THE DETERMINING FACTORS OF ENVIRONMENTAL HAZARD AND MEASURES TO REDUCE IT IN THE SYSTEM «BOILER HOUSE - HEAT CONSUMERS – ENVIRONMENT»

**Мета.** Аналіз визначальних чинників екологічної небезпеки міських котельень за обсягами викидів забруднюючих речовин та їх розсіюванням в атмосфері міста, а також критичний огляд існуючих засобів збереження теплових і паливних ресурсів, спрямованих на зниження указаних викидів та підвищення рівня екологічної безпеки міських територій.

**Методика.** Критичний аналіз особливостей міських котельень та їх екологічної небезпеки проводився за обсягами викидів забруднюючих речовин в атмосферу, що визначалися за нормативним розрахунковим методом, а аналіз існуючих підходів до збереження теплових і паливних ресурсів виконувався з урахуванням технологій утеплення будинків.

**Результати.** Показано, що, зважаючи на значну кількість міських котельень, вони являють собою розосереджене по території міста єдине джерело забруднення міської атмосфери, яке знижує рівень екологічної безпеки територій міста пропорційно рівню споживання котлоагрегатами паливних ресурсів та відповідних викидів забруднюючих речовин.

**Наукова новизна.** Вперше доведено, що внесок котельень у загальну концентрацію забруднюючих речовин в міській атмосфері, зокрема, за вмістом діоксиду азоту в сумі з іншими оксидами, складає близько 20%, що дозволяє віднести всі міські котельні до суттєвого сукупного забруднювача атмосфери міста, зіставного за інтенсивністю забруднення повітря з промисловими підприємствами і автотранспортом.

**Практична значимість.** Показано, що утеплення будинків, як вид енергозберігаючої технології реконструкції їхніх фасадів, сягає 87% обсягів усіх капітальних ремонтних робіт будівель, причому при реконструкції багатоповерхових житлових будинків у містах з великим застарілим (порядку 50...100 років експлуатації) житловим фондом перспективними слід вважати «мокрі фасади».

**Ключові слова:** екологічна небезпека систем теплопостачання, методи визначення викидів забруднюючих речовин в атмосферу, утеплення будівель.

**Вступ.** Міські підприємства теплових мереж виконують важливу функцію, забезпечуючи подачу тепла й гарячої води в адміністративні та житлові будівлі. Проте, з точки зору екологічної безпеки, особливо великих промислово розвинених міст, такі підприємства є джерелами забруднення довкілля, зокрема через викиди екологічно небезпечних речовин в атмосферу та доволі інтенсивне споживання палива, в тому числі природного газу – стратегічного у наш час ресурсу,

спалювання якого ще й обумовлює викиди. Так, у містах з великою кількістю населення в кожному районі налічується від 4 до 8 централізованих котелень та велика кількість котелень меншої потужності, що працюють переважно на природному газі. Незважаючи на те, що газ є відносно нешкідливим паливом, в атмосфері все-таки викидається досить значна кількість забруднюючих речовин, включаючи оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ) й окису вуглецю ( $\text{CO}$ ), а також важкі метали, зокрема ртуть ( $\text{Hg}$ ), що погіршують екологічну обстановку в районах, особливо в періоди зимових пікових навантажень, не кажучи про котельні, які споживають вугілля, мазут або пелети, викидаючи при цьому оксиди сірки та інші екологічно небезпечні речовини. Причому, саме в найбільш холодні періоди опалювального сезону спостерігаються значні відхилення режимів роботи котелень від номінальних у бік підвищеного споживання палива, в тому числі, і за рахунок його недостатньо якісного спалювання в надмірно навантажених котлоагрегатах, що відповідно призводить до підвищених викидів в атмосферу забруднюючих речовин, що надходять в повітря разом з димовими газами котлоагрегатів.

**Мета** – критичний аналіз екологічної небезпеки міських котелень за обсягами викидів забруднюючих речовин та їх розсіюванням в атмосфері міста, а також існуючих засобів збереження теплових і паливних ресурсів, спрямованих на зниження указаних викидів та підвищення рівня екологічної безпеки міських територій.

Критичний аналіз виконувався на основі інформації стосовно певних об'єктів, що аналізувалися в системі «котельня – споживачі тепла – довкілля», отриманої з інтернет-ресурсів [1, 2] та авторських публікацій, наведених в роботах [3–8], з урахуванням нормативно-правових документів, визначених державними закладами екології та природних ресурсів [3–5]

**Основна частина.** Для досягнення поставленої мети аналізувалися особливості міських котелень та їх екологічна небезпека за обсягами викидів забруднюючих речовин та їх розсіюванням в атмосфері міста; проводився критичний аналіз нормативного розрахункового методу визначення відповідних викидів забруднюючих речовин в атмосферу, а також існуючих засобів збереження теплових і паливних ресурсів, зокрема існуючих способів утеплення фасадів будинків під час їх реконструкції.

#### ***Загальний аналіз характеристик та особливостей міських котелень.***

Очевидно, що інтенсивність викидів котелень залежить в першу чергу від їх потужності та відповідного рівня споживання палива і його виду, тобто пов'язана з типом котелень і котлоагрегатів [1, 2], інформація про які наведена нижче.

**Індивідуальні котельні.** Розміщаються в основному в житлових чи комунально-побутових і рідше в окремо розташованих будинках і обладнуються переважно водогрійними котлами із температурою нагрівання води до  $120^\circ\text{C}$ . Ці котельні забезпечують теплом або гарячою водою один чи кілька будинків. До них відносять й сучасні **автоматичні котельні** з потужністю газових котлоагрегатів порядку 400...600 кВт, які розміщуються в адміністративних будинках переважно на верхніх поверхах та працюють практично без оперативного

обслуговуючого персоналу. Збір мінливих даних споживання газу і температурних параметрів в таких котельнях постійно забезпечує комп'ютерний сервер адміністративного закладу. Накопичені сервером дані використовують для визначення квартальних податків за викиди забруднюючих речовин в атмосферу котлоагрегатами .

*Групові котельні.* Забезпечують теплом гарячою водою групу будинків. Обладнуються паровими котлами МЗК-8М, МЗК-7М, Е-1-9-1М, ДКВР-2,5-13, ДКВР-4-13, ДКВР-6,5-13, ДЕ-4, ДЕ-6,5 і водогрійними ТГВ-4Р, КВГ-4-150, КВ-ГМ-4.

*Квартальні котельні.* Дають тепло і гарячу воду в житлові квартали і мікрорайони. Обладнуються вони паровими котлами ДКВР-10-13, ДЕ-10, ДЕ-16 і водогрійними ТГВ-8М, КВГ-6,5-150, КВ-ГМ-6,5, КВ-ГМ-10.

*Районні котельні.* Забезпечують теплом і гарячою водою великі житлові масиви. Обладнуються паровими котлами ДКВР-20-13, ДЕ-25, ГМ-50-14, водогрійними ПТВМ-3,0, ПТВМ-50, КВ-ГМ-30, КВ-ГМ-50.

Наведені вище марки котлоагрегатів дозволяють з'ясувати потужність котелень, технологію спалювання паливної речовини та номінальні обсяги викидів і концентрацій забруднюючих речовин, що виносяться в атмосферу разом з димовими газами. Взагалі потужність котелень варіюється від 400...600 кВт, характерних для індивідуальних котелень, до 50 МВт, – потужності, притаманній районним котельням. У групових або квартальних котельнях використовують типові котлоагрегати потужністю близько 10 МВт.

Найбільш розповсюдженим, зважаючи на високу кількість групових чи квартальних котелень, слід вважати водогрійний газовий котлоагрегат марки ТВГ-8м (номінальна потужність 9,6 МВт) [2]. При спалюванні в цьому котлоагрегаті як основного палива природного газу, номінальна концентрація оксидів азоту  $\text{NO}_x$  в його димових газах становить  $250 \text{ мг/м}^3$ , а оксиду вуглецю  $\text{CO}$  –  $130 \text{ мг/м}^3$ . Причому природний газ є найбільш безпечним в екологічному сенсі паливом, оскільки у продуктах його згоряння немає золи, а викиди оксидів сірки, що утворюються у ході спалювання, є суттєво меншими порівняно з викидами оксидів азоту і оксиду вуглецю (вміст сірки у природному газі складає до 0,02 %). Однак, в Україні за рахунок власного видобутку потреби країни можуть бути забезпечені лише частково, зокрема: нафтою – на 10...12 %, природним газом – на 20...25 %, вугіллям – на 85...90 %.

Як бачимо лише вугілля може покрити енергетичні потреби, однак його видобуток і спалювання тягне за собою серйозні екологічні наслідки. Разом з тим, вугілля не можна назвати «екологічним» паливом. Так, окрім посередніх теплотворних характеристик (17...25 МДж/кг), у процесі його згоряння в атмосферу надходить велика кількість золи, оксидів вуглецю й азоту, діоксиду сірки, вуглеводні, в тому числі канцерогенний бенз(а)пірен, та незгорілі частинки твердого палива у вигляді пилу і сажі. Наприклад, сучасна Придніпровська ТЕС потужністю до 2,5 млн. кВт споживає до 20 тис. т вугілля на добу та викидає щодобово в атмосферу 680 т оксидів сірки ( $\text{SO}_2$  та  $\text{SO}_3$  при вмісті 1,7 % сірки в паливі), 200 т оксидів азоту  $\text{NO}_x$ , а також 120...240 т твердих частинок у вигляді попелу, пилу

і сажі (за умови ефективної системи пиловловлювання 94...98 %). Під час спалювання вугілля на ТЕС у викидах в 3...6 разів зростає вміст небезпечних ізотопів радіо-226 і в 5...10 разів свинцю-210, причому останній накопичується в попелі. Середній вміст урану у вугіллі становить 3,6 г/т, торію – 4,2 г/т. Примітно, що енергетичні установки (котельні) меншої потужності, через нижчу ефективність спалювання вугілля, викидають на одиницю виробленого тепла більше забруднюючих речовин.

Головні переваги використання гранул (пелет) перед газом та вугіллям – це: нешкідливість для довкілля; частка попелу складає менше 3 %; деревні гранули не містять пилових фракцій, тому пожежобезпечні та менш схильні до самозаймання. При спалюванні 1000 кг гранул виділяється стільки ж теплової енергії, як при спалюванні 478,5 м<sup>3</sup> газу, 500 л дизпалива та 685 л мазуту, отже гранули потребують удвічі більших об'ємів складських приміщень.

Для характеристики системи котелень великого міста, наведемо дані міського комунального підприємства теплових мереж м. Дніпро, що загалом налічує близько 100 котелень різного рівня. В результаті, маємо приблизно стільки ж організованих джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу у вигляді димових труб різної висоти, з різними діаметрами випускних отворів і температурою димових газів, що утворюються котлоагрегатами котелень. Загалом викид газоподібних екологічно небезпечних речовин від згаданих джерел підприємства теплових мереж міста становить, за апріорними даними, порядку 3300...3500 т/рік., зокрема оксидів азоту приблизно 118 г/с, окису вуглецю – 37 г/с. Всі джерела викидів розташовуються на 7 умовних площадках міської території. Отже, являють собою фактично розосереджене по території міста джерело забруднення міської атмосфери, що, з одного боку, – через утворені в результаті спалювання палива димові газу, впливає на рівень екологічної безпеки територій міста, а з іншого, – визначає рівень споживання цінних паливних ресурсів, оскільки викиди пропорційні витратам палива котельнями.

Аналіз екологічної безпеки міських котелень потребує насамперед визначення метеорологічних характеристик і коефіцієнтів, що визначають умови розсіювання в атмосфері забруднюючих речовин, які викидаються з точкових і майданних джерел підприємства теплових мереж. Розглянемо ці умови для м. Дніпро (табл. 1).

Швидкість вітру за багаторічними даними складає 5...10 м/с.

З урахуванням наведених умов, аналіз розсіювання в атмосфері забруднюючих речовин, що викидаються котельнями міста, виконувався за методикою ОНД-86 (1987) [3], для димових труб квартальних котелень. Висота їхніх труб знаходиться в межах 20...30 м (залежить певною мірою від висоти будинків, де розміщена котельня) при діаметрах випускних отворів 0,4...0,7 м і температурі димових газів 120°C. Виявлено, що максимальна концентрація для котелень невеликої потужності зазвичай знаходиться у межах 0,18...0,5 часток ГДК та спостерігається при небезпечній швидкості вітру порядку 1 м/с на відстані 110...120 м від джерела димового викиду, тобто забруднюється практично уся територію міського кварталу, яка обслуговується такою котельнею.

Таблиця 1

Метеорологічні характеристик і коефіцієнти, що визначають умови розсіювання в м. Дніпро

Найменування характеристик	Величина
Регіональний коефіцієнт, що залежить від стратифікації атмосфери, А	200
Коефіцієнт рельєфу місцевості (переважне значення)	1,0
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, °С	28,2
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця року (для сезонних котелень, що працюють за опалювальним графіком) °С	-9,0
Середньорічна роза вітрів, %	
Пн	13,0
ПнС	12,0
С	10,0
ПдС	11,0
Пд	13,0
ПдЗ	16,0
З	13,0
ПнЗ	12,0

Більш потужні централізовані котельні з трубами, висота яких коливається в межах 30...60 м при діаметрах випускних отворів 1,5...3 м і температурі димових газів 170...200°С показав, що максимальна концентрація при небезпечній швидкості вітру порядку 2...3 м/с зазвичай знаходиться у межах 0,16...0,55 часток ГДК та спостерігається на відстанях 400...650 м від джерела викиду, тобто накриває вже на порядок більшу площу міста.

Слід зазначити, що середній вміст діоксиду азоту у викидах для окремих котелень не перевищує ГДК (практично у 2...6 разів менше ГДК). Проте його екологічно небезпечний вплив продовжується на протязі усього опалювального сезону, що небезпечно для дитячого населення, яке постійно знаходяться поблизу своїх домівок. До того ж, локальні сплески концентрацій в найбільш холодні дні, за умов зимових атмосферних інверсій можуть сягати і перевищувати ГДК діоксиду азоту. Слід також брати до уваги, що сукупність котелень у місті перетворюються на єдине розосереджене джерело майданного типу, яке підвищує існуючу фонову концентрацію забруднюючих речовин, котра у м. Дніпро в рази перевищує ГДК для багатьох екологічно небезпечних речовин [2]. Обумовлено це тим, що в місті, окрім котелень, багато інших промислових підприємств та автомобільного транспорту, що викидають в атмосферу значну кількість оксидів азоту та інших забруднювачів.

**Критичний аналіз нормативного розрахункового методу визначення викидів забруднюючих речовин в атмосферу з енергетичних установок.**

Для визначення даних про викиди забруднюючих речовин та парникових газів, як правило, застосовується комбінація двох основних методів:

- постійних вимірювань концентрацій забруднювальних речовин у димових газах енергетичних установок;
- розрахункових методів за даними про витрати та склад використаного палива і характеристики енергетичних та газоочисних установок.

Інтенсивність викидів визначалася респондентом на підставі нормативно-правових документів, визначених Державними закладами екології та природних ресурсів, Так, згідно з діючим в Україні керівним документом (ГКД 34.02.305, 2002) [4], валовий викид (специфічний показник емісії)  $j$ -ої забруднюючої речовини  $E_j$ , що надходить в атмосферу з димовими газами котельні за проміжок часу  $T$ , визначається як сума валових викидів цієї речовини під час спалювання різних видів палива, в тому числі під час їх одночасного спільного спалювання за формулою:

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \sum_i k_{ji} B_i (Q_i^r)_i, \text{ т} \quad (1)$$

де  $k_{ji}$  – показник емісії  $j$ -ої забруднюючої речовини для  $i$ -го палива, г/ГДж;  $B_i$  – витрати  $i$ -го палива за проміжок часу  $T$ , т;  $(Q_i^r)_i$  – нижня робоча теплота згоряння  $i$ -го палива, МДж/кг.

Для ілюстрації порядку визначення викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу за формулою (1) наведемо розрахунок при спалюванні природного газу в енергетичній установці (котлоагрегаті) з річною витратою газу  $B = 225046 \text{ м}^3$  при густині природного газу –  $\rho = 0,723 \text{ кг/м}^3$  та нижчій робочій теплоті згоряння палива –  $Q_i^r = 45,75 \text{ МДж/кг}$ .

Показники емісії забруднюючих речовин складали:  $k_{\text{NO}_x} = 64,311 \text{ г/ГДж}$ ;  $k_{\text{CO}} = 248,75 \text{ г/ГДж}$ ;  $k_{\text{CO}_2} = 58748,13 \text{ г/ГДж}$ ;  $k_{\text{N}_2\text{O}} = 0,1 \text{ г/ГДж}$ ;  $k_{\text{CH}_4} = 1,0 \text{ г/ГДж}$ .

В результаті, масова витрата газу становить:

$$B = 225046 \text{ м}^3 \cdot 0,723 \text{ кг/м}^3 = 162708,26 \text{ кг} = 162,71 \text{ т.}$$

Валові викиди забруднюючих та парникових речовин –  $E$ :

$$- \text{оксидів азоту: } E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} k_{\text{NO}_x} Q_r \cdot B = 10^{-6} \cdot 64,311 \cdot 45,75 \cdot 162,71 \text{ т} = 0,479 \text{ т}$$

$$- \text{оксиду вуглецю: } E_{\text{CO}} = 10^{-6} k_{\text{CO}} Q_r \cdot B = 10^{-6} \cdot 45,75 \cdot 248,75 \cdot 162,71 \text{ т} = 1,852 \text{ т}$$

$$- \text{діоксиду вуглецю: } E_{\text{CO}_2} = 10^{-6} k_{\text{CO}_2} Q_r \cdot B = 10^{-6} \cdot 45,75 \cdot 58748 \cdot 162,71 \text{ т} = 437,3 \text{ т}$$

$$- \text{оксиду азоту: } E_{\text{N}_2\text{O}} = 10^{-6} \cdot k_{\text{N}_2\text{O}} \cdot Q_r \cdot B = 10^{-6} \cdot 45,75 \cdot 0,1 \cdot 5 \cdot 162,71 \text{ т} = 0,0007 \text{ т}$$

$$- \text{метану: } E_{\text{CH}_4} = 10^{-6} k_{\text{CH}_4} \cdot Q_r \cdot B = 10^{-6} \cdot 45,75 \cdot 1,0 \cdot 162,71 \text{ т} = 0,007 \text{ т}$$

Отримані таким шляхом значення зазвичай використовують для визначення поквартального податку на викиди, а також оцінки ступеня небезпеки забруднення атмосфери з тією ж поквартальною періодичністю, що виконується за кратністю перевищення нормативних показників над рівнем допустимого забруднення (ПДЗ), відповідно до діючих Державних санітарних правил охорони атмосферного повітря населених міст (1997) [5].

Слід зазначити, що поточні середньодобові концентрації забруднювачів постійно змінюються в ході опалювального сезону, суттєво відрізняючись від розрахованих значень, осереднених за рік, опалювальний сезон або за квартал, а це не може забезпечити достовірної оцінки кількості екологічно небезпечних речовин, що викидаються котельнями, особливо у дні зимових пікових навантажень, що значною мірою залежить від кліматичних і погодних умов, змушуючи міняти режими роботи топок котлоагрегатів. Крім того, якість газу та взагалі інших видів палива теж міняється, оскільки залежить від постачальників. Відповідно буде змінюватися ступінь небезпеки забруднення атмосфери викидами котелень. Між тим, аналізуючи динаміку указаних показників можна визначити інтенсивність викидів забруднювачів в атмосферу, не вдаючись до вимірів їх поточних значень або концентрацій, як певною мірою вже пропонувалось в роботах [6, 7] для котелень, що працюють на вугіллі. Проте це потребує не осереднених за квартал даних, а щодобової поточної інформації, як про споживання палива котельнями, яке реєструються черговим персоналом щодня, так і про викиди забруднюючих речовин.

На основі вищевикладеного можна зробити висновок, що згадана вище існуюча нормативна методика [4] потребує певного удосконалення у напрямку підвищення оперативності розрахунків поточних викидів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу на основі поточного контролю ефективності споживання палива котлоагрегатами. Очікується, що поточний (щодобовий) контроль дозволить забезпечити більш достовірну оцінку викидів та ступінь їх екологічної небезпеки, а крім того, оперативно впливати на режими роботи котлоагрегатів, забезпечуючи як економію та збереження паливних ресурсів, так відповідно. обмежити надмірні викиди забруднень в атмосферу як житлових, так і адміністративних районів міста, підвищуючи тим самим рівень екологічної безпеки міських територій.

#### ***Оцінка і аналіз рівня забруднення атмосфери міста викидами екологічно небезпечних речовин з димових труб котелень.***

Концентрації забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу міськими котельнями, що оцінені за основними інгредієнтами, як без урахування, так і з урахуванням фонових концентрацій наведені в табл. 2.

Аналіз наведених у табл. 2. даних показав, що викиди забруднюючих речовин котельнями не перевищують ГДК, в тому числі і з урахуванням фонові концентрації, яка в місті, до речі, суттєво перевищує ГДК (див. стовпець 4). Внесок же підприємства, тобто сума максимальних приземних концентрацій, виражених в частках ГДК, що підвищує фонову концентрацію (стовпець 8) становить, як різниця даних 8-го та 4-го стовпців таблиці, для діоксиду азоту 0,77 ГДК (5,07 – 4,3), оксиду азоту – 0,14 ГДК(2,8 – 2,66) і оксиду вуглецю – 0.01 ГДК(1,58 – 1,56).

Таблиця 2

Концентрації забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу котельнями міського підприємства теплових мереж

Найменування забруднюючої речовини	Концентрації забруднюючої речовини						
	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Фонові		Розрахункові та з урахування фону для майданного джерела*			
		$C_{фон.}$ , мг/м <sup>3</sup>	частка ГДК	$C^*$ , мг/м <sup>3</sup>	$C^*_{фон.} = C_{фон.}(1 - 0,4 \cdot C^*/C_{фон.})$ , мг/м <sup>3</sup>	$C^* + C^*_{фон.}$ , мг/м <sup>3</sup>	частка ГДК
Азоту діоксид	0,04	0,172	<b>4,3</b>	0,052	0,151	0,203	<b>5,07</b>
Азоту оксид	0,06	0,160	<b>2,66</b>	0,014	0,155	0,168	<b>2,8</b>
Вуглецю окис	3,00	4,683	<b>1,56</b>	0,025	4,673	4,698	<b>1,57</b>

Примітки: ГДК основних забруднювачів (стовпець 2) встановлений за нормативним документом [2].  $C^*$  (стовпець 5) – сума максимальних приземних концентрацій для площинних джерел для даної забруднюючої речовини, визначена при аналізі розрахунку розсіювання за програмою «ЕОЛ-2000»;  $C^*_{фон.}$  – значення фонові концентрації речовини, з якої вилучено внесок розглянутого джерела підприємства по цій речовині. Визначається згідно: [1] за формулою 7.2, наведеною в цьому нормативному документі:  $C^*_{фон.} = C_{фон.} (1 - 0,4 \cdot C^*/C_{фон.})$ , мг/м<sup>3</sup>;  $C^* + C_{фон.}$  (стовпець 6) – сума максимальних приземних концентрацій даної речовини і фонові концентрації на межі санітарно-захисної зони котелень.

Таким чином, внесок котелень у загальну (разом з фонові) концентрацію в місті такої екологічно небезпечної речовини, як діоксид азоту, складає близько 18%, а в сумі з іншими оксидами, – приблизно, до 20%, що дозволяє віднести міські котельні до одного з суттєвих забруднювачів атмосфери міста, котрі в кінцевому результаті підвищують фонове забруднення атмосфери міста.

**Підвищення екологічної та енергетичної ефективності в системі «котельня-споживачі тепла» на основі зменшення споживання паливних ресурсів котельнями за рахунок утеплення будинків.**

Стосовно зменшення споживання паливних ресурсів котельнями за рахунок утеплення будинків зазначимо, що ця теза відповідає, зокрема, Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» (стаття 1), де визначено енергетичну ефективність як властивість будівлі, необхідну для створення належних умов життєдіяльності людей у такій будівлі. При цьому основними показниками енергетичної ефективності як для житлових, так і адміністративних будівель є:

- питоме енергоспоживання при опаленні;
- питоме енергоспоживання при кондиціонуванні;
- питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води;
- питоме енергоспоживання систем вентиляції;
- питоме енергоспоживання при освітленні;
- питоме енергоспоживання первинної енергії;
- питоме енергоспоживання викидів парникових газів.



Очевидно, що зменшення кожного з цих показників призводить до покращення енергоефективності будівлі в цілому та заощадження витрат енергоносіїв і паливних ресурсів. В такому разі важливим завданням стає моніторинг енергоефективності будівлі та пошук шляхів її покращення.

Одним з раціональних рішень є скорочення витрат енергії шляхом підвищення ізоляційних властивостей фасадної системи. В першу чергу це стосується новобудов, але є актуальним і для будівель, що експлуатуються та підлягають капітальному ремонту, на основі сучасних підходів до реконструкції їх фасадних систем з урахуванням моніторингу енергоефективності таких будівель, в тому числі за втратами теплової енергії з поверхні їх стін. Так, за даними Нетеса К. М. (2021) [8] аналіз складу робіт з реконструкції фасадів (рис.) показав, що саме їх утеплення, сягає 87% (мінеральними плитами – 67% а пінополістироловими плитами 20%), а решта – 13% припадає на штукатурні роботи, які теж певною мірою впливають на рівень збереження тепла.



Рис. Типовий розподіл видів капітальних ремонтів фасадних систем в сучасних, що були проаналізовані

Відмічається, що вартість виконання капітальних ремонтних робіт залежить переважно від площі ділянки виконання робіт, а для об'єктивного порівняння витрат ресурсів та визначається:

- нормативною тривалістю періоду експлуатації будівлі у 100 років;
- вартістю облаштування фасадної системи під час спорудження будівлі, причому термін експлуатації від улаштування до першого капітального ремонту не включається в розрахунок;
- тривалістю міжремонтного періоду, який для систем типу «мокрый фасад» з утепленням екструдованим пінополістиролом складає 15 років, а з утепленням

мінеральною ватою – 20 років; для навісних фасадних систем з вентиляльованим повітряним прошарком, утепленням мінеральною ватою та оздобленням керамогранітними плитками – 30 років, а для скляних фасадних систем – 40 років.

При порівнянні відносної вартості капітального ремонту фасадних систем різних типів у згаданій вище роботі [8] показано, що найдешевшою є система навісного фасаду з вентиляльованим повітряним прошарком. Більшу вартість мають «мокрі фасади» тобто з використанням рідких клеїв і штукатурних розчинів. Найдорожчими – є скляні фасади, які застосовують переважно при реконструкції адміністративних будівель, оскільки їх вартість обумовлена складністю технологічних процесів та значною матеріалоемністю виготовлення елементів таких фасадів.

На наш погляд, при реконструкції багатоповерхових житлових будинків, зокрема, цегляних або панельних чи блокових у містах з великим застарілим (порядку 50...100 років експлуатації) житловим фондом слід орієнтуватися на «мокрі фасади», як перспективні з точки зору впровадження такої технології в житлових новобудовах.

**Висновки.** Критичний аналіз визначальних чинників екологічної небезпеки та існуючих заходів по її зниженню в системі «котельня – споживачі тепла – довкілля» у великих містах (на прикладі м. Дніпро) показав наступне.

1. Загальна кількість міських котелень сягає сотні, причому їх потужність, варіюється від 400...600 кВт, що характерна для індивідуальних котелень, розміщуваних в окремих адміністративних будинках, до 50 МВт, яка притаманна районним котельням. При цьому у групових чи квартальних котельнях типова потужність котлоагрегатів складає порядку 10 МВт.

2. Викиди газоподібних екологічно небезпечних речовин міськими котельнями становлять близько 3300...3500 т/рік., зокрема, оксидів азоту, приблизно 118 г/с., окису вуглецю – 37 г/с. Причому котельні являють собою розосереджене по території міста єдине джерело забруднення міської атмосфери, що знижує рівень екологічної безпеки територій міста, особливо при високому споживанні паливних ресурсів.

3. Внесок котелень у загальну концентрацію забруднюючих речовин в міській атмосфері, зокрема, діоксиду азоту, складає близько 18%, а в сумі з іншими оксидами, – приблизно, 20%, а це дозволяє віднести всі міські котельні в сукупності до суттєвого забруднювача атмосфери міста, зіставним за інтенсивністю забруднення повітря з промисловими підприємствами і автотранспортом.

4. Утеплення будинків як вид технології реконструкції їхніх фасадів, сягає 87% обсягів усіх капітальних ремонтних робіт будівель (утеплення мінеральними плитами – 67%, а пінополістироловими – 20%). Решта робіт – 13% припадає на штукатурні роботи, які теж певною мірою впливають на рівень збереження тепла фасадами, а відповідно на інтенсивність споживання палива котельнями та їхні викиди забруднюючих речовин в атмосферу.

### Перелік посилань

1. Загальні характеристики котлоагрегатів. (n.d.). <https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/>
2. Теплофікаційний газовий водогрійний котел ТВГ. (n.d.). <https://mmzavod.com.ua/>
3. Методика розрахунку концентрації в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств ОНД-86. (n.d.). <http://ecopravo.org.ua/2011/07/15/ond--86/>
4. ГКД 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. (n.d.). [http://docs.dbn.co.ua/49\\_1583178492500.html](http://docs.dbn.co.ua/49_1583178492500.html)
5. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених міст (від забруднення хімічними та біологічними речовинами ДСП-201-97. (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97#Text>
6. Колесник, В.Є., Павличенко, А.В., & Бучавий, Ю.В. (2015, 6–8 жовтня). Оцінка динамічних показників пилового викиду з труби котельні за даними споживання вугілля. *Проблеми екологічної безпеки: XIII міжнародна науково-технічна конференція*.
7. Kolesnik, V. Ye., Pavlichenko, A. V., Buchavy, Yu. V. (2016). Dynamic parameters estimation of dust emissions of heat-and-power objects of coal mines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5, 91–97.
8. Нетеса, К. М. (2021). *Вдосконалення та визначення раціональних організаційно-технологічних рішень влаштування фасадних систем багатопверхових цивільних будівель* (Автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна). НБУВ <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/aref/0421U101448>

### ABSTRACT

**Purpose.** Analysis of the determining factors of the ecological danger of urban boiler houses according to the volume of pollutant emissions and their dispersion in the city atmosphere, as well as a critical review of the existing means of saving heat and fuel resources, aimed at reducing the specified emissions and increasing the level of environmental safety of urban areas.

**The methods.** A critical analysis of the characteristics of urban boiler houses and their environmental hazards was carried out based on the volume of emissions of pollutants into the atmosphere, which were determined according to the normative calculation method, and the analysis of existing approaches to the conservation of heat and fuel resources was carried out taking into account the technologies of building insulation.

**Findings.** It is shown that, due to the large number of municipal boilers, they are the only source of urban pollution scattered throughout the city, which reduces the environmental safety of the city in proportion to rising emissions and consumption of boilers, valuable fuel resources.

**The originality.** For the first time it was proved that the contribution of boilers to the total background concentration of pollutants in the urban atmosphere, in particular, the content of nitrogen dioxide in the number of other oxides, is about 20%, which allows to classify all municipal boilers as a significant air pollution with industrial enterprises and motor transport.

**Practical implementation.** It is shown that the insulation of buildings, as a type of technology for the reconstruction of their facades, reaches 87% of all major repairs of buildings, and in the reconstruction of multi-storey residential buildings in cities with large obsolete (about 50... 100 years of operation) housing should be considered promising "Wet facades".

**Keywords:** *ecological dangers of heat supply systems, methods for determining emissions of pollutants into the atmosphere, insulation of buildings.*