

УДК 697.34.005.8:711.4

## Аналіз та оцінка заходів щодо підвищення енергоефективності систем централізованого теплопостачання

К. М. Предун<sup>1</sup>, Ю. Й. Франчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна, 31172@ukr.net

<sup>2</sup>здобувач. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна, 2304elena@ukr.net

*Анотація. Системи централізованого теплопостачання населених пунктів України сьогодні є прикладом неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у державі. Заміна основного палива - природного газу – для потреб джерел теплоти альтернативним дає економію коштів місцевих бюджетів в умовах децентралізації державного управління (за рахунок різниці цін природного газу та інших органічних палив). Водночас лише такі заходи породжують ряд інших проблем. Збільшення забруднення навколишнього природного середовища – одна із них. Досліджено шляхи підвищення енергоефективності та енергозбереження в житлово-комунальному господарстві з метою зменшення викидів парникових газів в атмосферу. На основі виконаних розрахунків визначена пріоритетність заходів. Їхня реалізація дозволяє залишити як основне органічне паливо для потреб централізованого теплопостачання найбільш екологічне – природний газ.*

*Ключові слова: система теплопостачання, енергоефективність, житловий будинок, термомодернізація, природний газ, альтернативні палива, викиди забруднюючих речовин, парникові гази*

**Вступ.** Енергетична безпека на сьогодні є одним із головних пріоритетів України. В економіці держави домінують викопні види палива (сукупно вугілля і природний газ складають до 60 % вітчизняного енергетичного балансу), морально застарілі технології, технічно зношене обладнання та устаткування видобувних, енергогенеруючих і постачальних підприємств [1, 2].

**Актуальність дослідження.** Житлово-комунальний сектор – потужний споживач паливно-енергетичних ресурсів. Соціальна спрямованість державної політики України, популізм у недалекому минулому щодо тарифної політики спричинили надлишкові витрати для генерації енергії, понаднормові втрати при її транспортуванні та розподілі, неефективне використання при експлуатації інженерних систем будівель і споруд.

Збільшення вартості енергоресурсів спонукає як окремих мешканців житлових будинків, так і державу загалом впроваджувати заходи як з енергозбереження, так і з підвищення енергоефективності будівель і споруд.

**Останні дослідження та публікації.** В Україні розроблена законодавча база та прийняті нормативно-правові документи, гармонізовані з європейськими директивами і стандартами, щодо зменшення первинного енергоспоживання. Це сприяє поширенню інноваційних технологій, а також зменшенню викидів парникових газів в атмосферне повітря. Наприклад, у Законі України «Про енергоефективність будівель»

[3] встановлено пріоритетність заходів щодо забезпечення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей протягом нормативного строку експлуатації будівлі при нормативно допустимому рівні витрат енергії [4].

Аналіз рішень щодо практичного реалізації вказаних заходів, особливо в умовах децентралізації державного управління, засвідчує майже цілковите недотримання вказаної послідовності. Серед основних (які на перший погляд дають економію коштів) для потреб теплопостачання населених пунктів слід відзначити:

1) заміну традиційного палива – природного газу – альтернативним, як правило, місцевим – торфом, вугіллям, брикетами шихти / деревини тощо;

2) використання електроенергії, переважна більшість якої генерується атомними електростанціями.

Слід зазначити, що до 2020 р. в Україні вичерпають проектний строк експлуатації (30 років) 12 з 15 енергоблоків. Але з усіх держав, які розвивають атомну енергетику, лише в США кількість енергоблоків, роботу яких продовжено, перевищує кількість зупинених [5]).

Фізико-хімічні властивості деяких палив наведено нижче:

1) природний газ:

а) нижча теплота спалювання

$$Q_p^u = 34 \text{ МДж/м}^3;$$

б) густина  $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$ ;

2) торф:

а) нижча теплота спалювання

$$Q_p^H = 10,8 \text{ МДж/кг};$$

б) зольність палива в робочому стані

$$A^r = 12,5 \%;$$

в) вміст сірки в паливі в робочому стані

$$S^r = 0,3 \%;$$

г) вологість палива в робочому стані

$$W^r = 50 \%.$$

**Формулювання цілей статті.** Дана робота присвячена дослідженню ефективності реалізації першочергових заходів щодо термомодернізації багатоквартирних житлових будинків і в кінцевому випадку – зменшенню викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

**Основна частина.** Проаналізовано заходи щодо підвищення енергоефективності мікрорайону існуючої багатоповерхової житлової забудови населеного пункту, який знаходиться в першій температурній зоні України. Усі будинки однакові: чотирисекційні, п'ятиповерхові, на 80 квартир кожний. Вони побудовані за типовими проектами у 70-і роки минулого століття. Джерелом теплоти є опалювальна котельня з якісним регулюванням теплових потоків. Паливом є природний газ. Індивідуальні теплові пункти за залежною схемою приєднані до міських теплових мереж зі сталевих трубопроводів, прокладених у непрохідних каналах. Система теплопостачання була розрахована на дотримання температурного графіка  $T_1/T_2 = 150/70 \text{ }^\circ\text{C}$ .

У зв'язку з частковим недотриманням розрахункової температури повітря ( $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) у приміщеннях будинку протягом опалювального періоду (внаслідок недотримання температурного графіку в тепловій мережі при якісному регулюванні тепловіддачі) фактичне питоме споживання теплоти для потреб опалення  $1 \text{ м}^2$  загальної площі не перевищує  $100 \text{ Вт/м}^2$ . Відповідно, теплова потужність системи опалення становить  $Q_0 = 500 \text{ кВт}$ .

Враховуємо всі можливі втрати теплоти на шляху транспортування теплоносія «джерело теплоти – окремий опалювальний прилад». Тоді витрата первинного палива (природного газу з робочою нижчою теплотою спалювання  $Q_p^H = 34 \text{ МДж/м}^3$ ) протягом опалювального періоду становить  $221,1 \text{ тис. м}^3$ , що в реальних цінах відповідає  $1,77 \text{ млн. грн}$ .

При заміні природного газу місцевим паливом, наприклад, торфом, джерело теплоти додатково слід обладнати:

1) котлоагрегатами, призначеними для його спалювання;

2) пилогазоочисним устаткуванням для зменшення викидів забруднюючих речовин (у першу чергу золи) в атмосферне повітря.

Окрім того, площа земельної ділянки для розміщення джерела теплоти з використанням природного газу є найменшою порівняно з будь-якими іншими видами палива [6]. Отже, в умовах щільної міської забудови може виникати проблема розміщення на території існуючої котельні паливних складів і золовідвалів. У свою чергу це викликає збільшення розмірів санітарно-захисної зони, що може призвести до її «накладання» на зону прилеглої житлової забудови.

У табл. 1 подано результати розрахунку витрат основного і альтернативного палива без зміни теплової потужності котельні (на прикладі опалення одного будинку). Викиди забруднюючих речовин до атмосферного повітря визначені розрахунковим шляхом відповідно до методики [7].

Аналіз даних, наведених у табл. 2, показує, що при відмові від використання природного газу для потреб теплопостачання і його заміні місцевим паливом можна досягти економії коштів приблизно  $2000 \text{ грн}$  на  $1 \text{ кВт}$  необхідної потужності системи опалення за опалювальний період. Проте, водночас майже у 2 рази збільшуються викиди забруднюючих речовин, серед яких і парникові гази, до атмосферного повітря.

Завдяки додатковому утепленню зовнішніх огорожень житлового будинку відповідно до вимог [4] можна досягти зменшення теплової потужності системи опалення майже у 2,5 р. і, відповідно, зменшення витрати первинного палива.

При зменшенні теплових навантажень зменшуються в кінцевому підсумку і витрати електроенергії для транспортування теплоносія. Для умов розглянутої задачі питомі втрати тиску на тертя зменшуються від  $250$  до  $110 \text{ Па/м}$  (при незмінному діаметрі трубопроводу теплової мережі). У загальному випадку можливе суттєве зниження як матеріаломісткості систем централізованого теплопостачання (при зменшенні діаметрів трубопроводів на  $1...2$  калібри за рахунок зменшення витрати теплоносія), так і втрати теплоти при транспортуванні від джерела до споживача.

Вартість природного газу для потреб опалення окремого житлового будинку після термомодернізації його зовнішньої оболонки стає сумірною з вартістю альтернативного палива, а викиди забруднюючих речовин в атмосферу зменшуються приблизно в п'ять разів. (відповідно,  $0,988$  і  $5,044 \text{ т}$  за опалювальний період).

Таблиця 1

Характеристика джерела теплоти при зміні виду палива

№ з/п	Показник	Одиниці вимірювання	Вид палива	
			газ	торф
1	Теплова потужність системи опалення будинку	кВт	500	500
2	Витрата первинного палива:			
2.1	максимально-годинна	м <sup>3</sup> /год	103,0	–
		кг/год	–	333,3
2.2	протягом опалювального періоду	млн. м <sup>3</sup>	0,221	–
		т	–	714,0
3	Вартість палива (за опалювальний період)	млн. грн	1,77	0,71
4	Викиди забруднювачів (за опалювальний період), серед яких:	т	2,471	5,044
4.1	Оксид вуглецю	т	1,870	3,740
4.2	Оксиди азоту (в перерахунку на NO <sub>2</sub> )	т	0,601	1,234
4.3	Летюча зола	т	–	0,034
4.4	Оксиди сірки ( в перерахунку на SO <sub>2</sub> )	т	–	0,036

Таблиця 2

Характеристика джерела теплоти до та після термомодернізації зовнішньої оболонки будинку

№ з/п	Показник	Одиниці вимірювання	Вид палива	
			газ	газ
			Термомодернізація	
			не виконана	виконана
1.	Теплова потужність системи опалення будинку	кВт	500	200
2.	Витрата теплоносія	т/год	5,375	3,44
3.	Діаметр трубопроводу	мм	57x3	57x3
4.	Питома втрата тиску на тертя	Па/м	250	110
5.	Швидкість руху теплоносія	м/с	0,8	0,5
6.	Витрата первинного палива:			
6.1	Максимально-годинна	м <sup>3</sup> /год	103,0	41,0
6.2	Протягом опалювального періоду	млн. м <sup>3</sup>	0,221	0,088
7.	Вартість палива (за опалювальний період)	млн. грн	1,77	0,71
8.	Викиди забруднювачів (за опалювальний період), серед яких:	т	2,471	0,988
8.1	Оксид вуглецю	т	1,870	0,748
8.2	Оксиди азоту (в перерахунку на NO <sub>2</sub> )	т	0,601	0,240
8.3	Летюча зола	т	–	–
8.4	Оксиди сірки ( в перерахунку на SO <sub>2</sub> )	т	–	–

**Висновки.** Першочергові заходи щодо встановлення в котельних водогрійних котлів для використання місцевих альтернативних видів палива, наприклад, торфу, дають лише економію коштів (за рахунок різниці цін природного газу і альтернативного палива). Це не сприяє підвищенню енергоефективності та енергозбереженню в житлово-комунальному господарстві. Водночас, не вирішується інша головна проблема – зниження викидів забруднювачів, зок-

рема парникових газів, до атмосферного повітря. Виконані розрахунки показують, що для підвищення енергоефективності існуючих житлових будинків та систем централізованого теплопостачання населених пунктів може бути рекомендована така пріоритетність заходів: термомодернізація зовнішньої оболонки будинків (витрати теплоти для потреб опалення зменшуються не менше, чим у 2.5 р.); заміна трубопроводів теплових мереж (знижуються матеріалоемність систем (до 10 %) і втрати теплоти при її

транспортуванні (в середньому на 20...25 %); реконструкція інженерних систем будинків з метою управління тепловими потоками та обліку фактично спожитої теплоти; заміна існуючих теплогенеруючих установок на котли з більш високими еколого-теплотехнічними характеристиками, що споживають як природний газ, так і палива органічного походження. Реалізація вказа-

них заходів зможе дозволити залишити як основне органічне паливо для потреб теплопостачання населених пунктів України найбільш екологічне – природний газ. Тим паче, розвідані запаси дозволяють збільшити його видобуток і повністю відмовитися від закупівель закордоном [2].

### Литература

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. – Схвал. розпорядженням КМУ від 15 березня 2006 р. N 145-р. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/145-2006-p>
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». – Схвал. розпорядженням КМУ від 18.08.2017 р. №605-р. – Режим доступу: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art\\_id=245234085](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085)
3. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» – 2118-VII. – Київ: ВВР, 2017, №3, с.5, стаття 359.
4. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 01.05.2017. – Київ: Укрархбудінформ, 2016. – IV, 31 с.
5. Хмара Д. О. Проблеми продовження терміну експлуатації ядерних реакторів на українських АЕС / Д. О. Хмара // Нова тема. – 2010. – №2. – с.20-23.
6. ДБН 360-92\*\* Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень. Зі змінами. – Чинні від 19.04.2002. – Київ: Укрархбудінформ, 2002. – 125 с.
7. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986. – 142 с.

### References

1. “Energetychna steategia Ukrainy na period do 2030 r.” <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/145-2006-p>
2. “Energetychna steategia Ukrainy na period do 2035 r. «Bezpeka, energoefektyvnist, konkurentnospromozhnist.»” [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art\\_id=245234085](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085)
3. Zakon Ukrainy «Pro energetychnu efektyvnist budivel» - 2118 – VII
4. *Teplova isoliatsiia budivel*. DBN V.2.6-31:2016, Ukrarhbudinform, 2016.
5. Khmara D.O. “Problemy prodovzhennia terminu ekspluatatsii jadernykh reaktoriv na ukrainykykh AES.” *Nova tema*, no. 2, 2010, pp. 20-23.
6. *Mistobuduvannia. Planuvannia ta zabudova miskih i silskih poselen*. DBN 360-92\*\*, Ukrarhbudinform, 2002.
7. *Sbornik metodik po rasschetu vybrosov v atmosferu zagriazniauschikh veschestv razlichnymi proizvodstvami*. Gidrometeoizdat, 1986.

УДК 697.34.005.8:711.4

## Анализ и оценка мероприятий по повышению энергоэффективности систем централизованного теплоснабжения

К. М. Предун<sup>1</sup>, Ю. Й. Франчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>к.т.н., доцент. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина, 31172@ukr.net

<sup>2</sup>соискатель. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина, yuriy196405@mail.ru

*Аннотация. Системы централизованного теплоснабжения населённых пунктов Украины сегодня являются примером неэффективного использования топливно-энергетических ресурсов в стране. Замена основного топлива – природного газа – для нужд источников теплоснабжения альтернативным даёт экономию средств местных бюджетов в условиях децентрализации государственного управления (за счёт разности цен природного газа и других органических топлив). В то же время такие мероприятия порождают ряд других проблем. Увеличение загрязнения окружающей природной среды – одна из них. Исследованы пути повышения энергоэффективности и энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве с целью уменьшения выбросов парниковых газов в атмосферу. На основании выполненных расчётов определена приоритетность мероприятий. Их реализация позволит оставить в качестве основного органического топлива для нужд централизованного теплоснабжения наиболее экологичное – природный газ.*

*Ключевые слова: система теплоснабжения, энергоэффективность, жилое здание, термомодернизация, природный газ, альтернативные топлива, выбросы загрязняющих веществ, парниковые газы*

UDC 697.34.005.8:711.4

## Analysis and Evaluation of Energy Efficiency Improvement Efforts of the Municipal Heating Systems

K. Predun<sup>1</sup>, U. Franchuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sc.D, professor, Kiev National University of Construction and Architects, Kyiv, Ukraine, 31172@ukr.net

<sup>2</sup>Applicant, Kiev National University of Construction and Architects, Kyiv, Ukraine, yuriy196405@mail.ru

*Abstract. Nowadays, municipal heating systems of Ukrainian residential places are the example of inefficient exploitation of the governmental fuel and energy resources. Substitution of the core fuel material – natural gas – with alternative fuels leads to the economy of the local budgets under condition of the governmental control decentralization (due to the difference in price between natural gas and other organic fuels). At the same time, the mentioned above leads to other problems. Ways of energy efficiency improvement and energy conservation in the municipal facilities have been investigated, aimed to decrease emission of greenhouse gases in the atmosphere. Based on completed studies, the priority of the efforts has been identified. Their implementation allows retaining natural gas as the core organic fuel for municipal heating needs as the most ecologically friendly option.*

*Keywords: heat supply systems, energy efficiency, residential house, thermo-modernization, natural gas, alternative fuel, pollution emissions, greenhouse gases.*

Надійшла до редакції / Received 12.12.2017