

ДОЛГОПОЛОВ І.С., к.т.н., доцент
ТУЧИН В.Т., інженер
МАРЧЕНКО Д.О., магістрант

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

ЕКСЕРГОЕКОНОМІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПРОБЛЕМ ОЦІНКИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У ЖКГ УКРАЇНИ

Вступ. Об'єм використання людством традиційних джерел безперервно зростає, тому, з точки зору їх вичерпаності і негативної дії на довкілля, актуальним стає підвищення відповідальності кожного жителя планети Земля за ефективне використання цих джерел. На жаль, в Україні впродовж останніх років показник «питома витрата умовного палива на 1 доллар ВВП» в 3 рази перевищує рівень цього показника для передових країн світу і удвічі більше, чим середній по Земній кулі. Це істотно впливає на рівень життя людей та екологічний стан в нашій країні.

Найважливішим завданням функціонування держави є залучення кожного громадянина країни до вирішення завдань підвищення енергоефективності й енергозбереження практично. Вирішальну роль при цьому грає формування принципів енергоефективної політики держави. Визначальне значення має наукове забезпечення цієї політики.

З літературних джерел відомо, що сектор житлово-комунального господарства (ЖКГ) в Україні споживає 44% всіх енергоресурсів країни, але при цьому енергоемність послуг у 2,5-3 рази перевищує показники європейських країн. При цьому за оцінками фахівців вважається, що потенціал енергозбереження в муніципальному секторі України сягає 40% [1-3]

Постановка задачі. В роботі представлено спробу використати базові термодинамічні, ексергоекономічні та метрологічні аспекти розв'язання задач енергоефективності й енергозбереження із застосуванням їх на прикладах тепло-, газо-, водопостачання ЖКГ України.

Останнім часом опубліковані роботи, які присвячені використанню ексергетичних та ексергоекономічних методів для підвищення ефективності споживання енергетичних ресурсів, у тому числі в ЖКГ.

У роботі [2] розглянуто використання ексергетичного методу для аналізу можливостей підвищення енергетичної ефективності у виробництві теплової енергії.

Оптимізацію температурного графіку централізованого теплопостачання за критерієм «мінімуму витрат ексергії» представлено в роботі [3].

Подальшим розвитком цього напрямку є застосування економічних показників роботи системи централізованого опалення з метою визначення справедливої оплати послуг теплопостачання.

Результати роботи. В системі оплати послуг тепло-, газо- і водопостачання в комунальному господарстві України основою є кількість теплової енергії, витрати газу та води, отримуваних від джерела енергії за певний проміжок часу. Цей підхід реалізується у вигляді аналітичних залежностей, закладених у приладах обліку відпущеної виробником і отриманої споживачем енергії.

Використовуються наступні одиниці виміру кількості енергії, споживаної потужності, кількості або витрати енергоносія у часі: Дж, кВт·год, кВт; м³, м³/год; кг, кг/год. Ця різноманітність одиниць виміру показує відсутність енергетичної єдності у підході до вимірювання отриманої та спожитої енергії.

Ексергоекономічні та метрологічні аспекти в системі обліку теплопостачання житлових будинків

В даний час облік споживаної теплової енергії регламентується Постановами Кабінету Міністрів України [6]. Відповідно до методики, викладеної у цих документах, витрата споживаної теплової енергії в системах теплопостачання визначається за рівняннями теплопередачі з урахуванням емпіричних поправкових коефіцієнтів, що враховують середні температури довкілля за період та ін.

Для формування ціни використовуються одиниці виміру – кДж, кВт · год (кВт). При цьому враховується тільки кількість (витрата) спожитої енергії на опалювання будинків, що в загальному вигляді представлена аналітичними залежностями (1) і (2):

$$Q = c \cdot m \cdot (t_1 - t_2) = c_p \cdot m \cdot \Delta t; \quad (1)$$

$$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot (t_1 - t_2) = c_p \cdot \dot{m} \cdot \Delta t, \quad (2)$$

де Q і \dot{Q} – відповідно кількість енергії, кВт·год, і витрата енергії, кВт, отриманої системою опалювання будинку; c_p – питома теплоємність води, кДж/(кг·К); m і \dot{m} – маса і масова витрата води, що проходить через трубопроводи системи опалювання, кг (кг/с); t_1 – температура теплоносія на вході в об'єкт, °С; t_2 – температура теплоносія на виході з об'єкту, °С; Δt – різниця температур теплоносіїв, °С.

Залежність (2) покладена в основу роботи лічильників теплової енергії «Січ», «QALCO (SKS-3)» та інших, що використовуються в Україні.

Проте залежності (1) і (2) чутливі тільки до різниці температур, незважаючи на абсолютні значення температур, тобто ці залежності не враховують якість енергії на опалення.

Якість теплової енергії оцінюється її максимальною працездатністю- ексергією- в умовах навколишнього довкілля..

У результаті застосування ексергетичного підходу рекомендується наступна методика формування аналітичних залежностей для обліку та оплати отриманої і використаної теплоти.

Визначаються величини питомої ексергії на вході e_1 і виході e_2 об'єкту у кДж/кг

$$e_1 = Q \cdot (1 - T_{o.c}/T_1) = c_p \cdot m \cdot (t_1 - t_2) \cdot (1 - T_{o.c}/T_1); \quad (3)$$

$$e_2 = Q \cdot (1 - T_{o.c}/T_2) = c_p \cdot m \cdot (t_1 - t_2) \cdot (1 - T_{o.c}/T_2). \quad (4)$$

Враховуючи на те, що в рівняннях (1) і (2) представлено енергію різної якості, яка визначається величинами температур, то ціну на енергію встановлюють з урахуванням її ексергії. При цьому залежність для розрахунку суми оплати на використану в об'єкті теплову енергію S_{ek} за період τ має вигляд:

$$S_{ek} = c_p \cdot \dot{m} \cdot (t_1 - t_2) \cdot \left(1 - T_{o.c}/T_1\right) \text{Ц}_{e1} - c_p \cdot \dot{m} \cdot (t_1 - t_2) \cdot (1 - T_{o.c}/T_1) \text{Ц}_{e2} \cdot \tau, \quad (5)$$

де Ц_{e1} і Ц_{e2} – ціни теплової енергії на основі ексергетичного підходу для температур T_1 та T_2 , грн/(кВт· год); τ – проміжок часу, год.

Дослідження щодо формування тарифів на теплову і електричну енергію, яка відпускається споживачеві з ТЕЦ, з використанням ексергетичного методу розглядаються у роботі [7].

Для впровадження запропонованої системи обліку необхідно розглянути технічні можливості житлового фонду та сучасних можливостей приладобудування.

В існуючих будівлях використовуються два види розводки: однотрубна і двотрубна. Найважливішими перевагами двотрубної системи є: 1) можливість установки квартирних приладів обліку споживаної теплоти та 2) можливість регулювання системи з урахуванням роботи усіх радіаторів системи опалювання.

У представлених в роботі рішеннях використання двотрубної системи опалення будинку забезпечує максимально можливий результат з енергоефективності і енергозбереження в системі опалювання.

Сьогоднішній рівень розвитку електроніки та приладобудування дозволяє створити лічильник теплової енергії з реалізацією аналітичної залежності з урахуванням ексергетичних характеристик потоків, наприклад, у вигляді рівняння (5).

Система обліку, що пропонується, має наступні переваги:

- 1) сума оплати враховує не тільки кількість, а й якість теплоти, що подається;
- 2) враховується ефективність роботи усіх елементів цієї системи;
- 3) виробники, постачальники і споживачі теплової енергії мобілізуються на ефективне використання енергії та енергозбереження.

Ексергоекономічні і метрологічні аспекти в системі обліку газопостачання житлових будинків

В даний час облік витрата природного газу визначається за допомогою приладів, які враховують об'єм середовища, що проходить через лічильник за певний період часу. Застосовуються діафрагмові та ротаційні лічильники. При цьому показання лічильників, з урахуванням діючих тарифів на одиницю об'єму природного газу для населення, використовуються для розрахунків оплати послуги газопостачання згідно з діючими тарифами.

Діюча зараз система тарифів на природний газу не враховує поточний склад газу та працездатність енергії газу.

Працездатність природного газу визначається його ексергією E_r і розраховується за залежністю

$$E_r = K \cdot Q_v^p, \quad (7)$$

де K – коефіцієнт, що залежить від виду газу; Q_v^p – вища теплота спалювання природного газу, МДж/м³.

Для природного газу величина K складає за даними літературних джерел від 0,95 до 1,04 [8,9].

Для визначення вищої теплоти спалювання природного газу необхідно знати хімічний склад газу що подається споживачеві, або використати дані з паспортів фізико-хімічних параметрів природного газу хіміко-аналітичних лабораторій постачальників газу. Аналіз даних цих паспортів свідчить про коливання теплоти спалювання природного газу протягом термінів спостереження.

Аналіз зазначених паспортних даних свідчить про коливання теплоти вищої теплоти спалювання природного газу протягом кожного місяця. Ці коливання обумовлені змінами у хімічному складі компонентів природного газу.

У табл.1 представлено дані змін у часі вищої теплоти спалювання природного газу, що постачається ПАТ «Дніпрогаз» та «Дніпропетровськгаз» у Дніпропетровську область.

З даних, наведених у табл.1, випливає, що коливання значень вищої теплоти спалювання природного газу в межах кожного місяця спостережень незначні. При розрахунках за газ, що постачається, доцільно використовувати середньомісячні значення теплоти спалювання газу. Проте слід враховувати можливі зміни величини теплоти спалювання газу протягом місяця. Про це свідчать дані спостережень у 2017 та в 2019 роках.

Таблиця 1 – Характеристики вищої теплоти спалювання природного газу, що постачається ПАТ «Дніпрогаз» та «Дніпропетровськгаз» у Дніпропетровську область протягом 2014-2019 рр.

Період спостережень	Вища теплота згорання природного газу, МДж/м ³		
	мінімальна	максимальна	середня за місяць
01-31 травня 2014	37,87	38,56	38,21
01-30 квітень 2017	38,03	38,39	38,17
01-31 січня 2019	40,45	40,65	40,54

Зважаючи на те, що зараз споживачам поставляють природний газ з коливанням хімічного складу часі, в розрахунках зі споживачами треба звернути увагу на доцільність врахування ексергії $E_{\text{пг}}$ природного газу в наступному вигляді

$$S_{\text{пг}} = V_{\text{пг}} \cdot E_{\text{пг}} / E_{\text{пгн}} \cdot C_{\text{пг}} \cdot \tau_1, \quad (8)$$

де $S_{\text{пг}}$ – сума оплати за природний газ, що постачається споживачеві за період часу, грн. /(год, доба, місяць); $V_{\text{пг}}$ – об'єм газу, що постачається за період часу, м³/(год, доба, місяць); $E_{\text{пгн}}$ – мінімальна ексергія природного газу, що постачається, передбачена ДСТУ, МДж/м³; $E_{\text{пг}}$ – ексергія природного газу за даними паспортів фізико-хімічного складу природного газу, МДж/м³; $C_{\text{пг}}$ – ціна одиниці об'єму природного газу за мінімальною ексергією, що передбачена ДСТУ, грн/м³; τ_1 – термін розрахунку, (год, доба, місяць).

Ексергоекономічні і метрологічні аспекти в системі обліку водопостачання житлових будинків

Споживачі систем центрального водопостачання розраховуються з організаціями, що постачають воду, за об'єм отриманої води протягом місяця.

Об'єм постачаємої води визначається за показаннями лічильників витрати води. Проте, при формуванні ціни на воду не враховується те, що в залежності від місця підключення споживача до колекторів, вони отримують воду неоднакових тисків і витрат в одиницю часу, не зважаючи на однаковий тариф. У зв'язку з цим у залежність для визначення суми оплати за воду необхідно ввести складову, що враховує працездатність потоку води. Ця величина повинна враховувати витрати енергії на 1 м³ води при номінальному P_n і реальному тиску P у системі водопостачання.

Залежність для розрахунку за поставлену воду в цьому підході має вигляд:

$$S_v = P/P_n \cdot \dot{V} \cdot C_{\text{пит}} \cdot \tau_2, \quad (9)$$

де P – тиск потоку води у споживача, МПа; \dot{V} – об'ємна витрата води, м³/с; P_n – номінальний тиск води, МПа; $C_{\text{пит}}$ – ціна 1 м³ води, що постачається, при номінальному тиску води P_n , грн/м³; τ_2 – проміжок часу, протягом якого здійснювалося водопостачання, (доба, місяць).

Висновки. Реалізація ексергоекономічного підходу до тарифів на послуги тепло- та водопостачання дозволяє: а) з єдиних ексергетичних позицій оцінювати ефективність функціонування усіх елементів систем тепло-, газо- і водопостачання; б) практично здійснити ринковий підхід до формування тарифів на тепло-, газо- і водопостачання, тобто мобілізувати виробників, постачальників і на енергозбереження, і на енергоефективність.

Для реалізації розглянутого підходу необхідно: 1) продовжити дослідження у цьому напрямку, аналізуючи практичні результати на існуючих об'єктах; 2) забезпечити перевірку отриманих результатів на пілотному проєкті.

Слід очікувати, що впровадження цих принципів має соціальний вплив, бо це крок, який єднає громадян України у розв'язанні задач встановлення прозорості та справедливої цінової політики держави у ЖКГ і поліпшення екологічної ситуації в нашій країні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Степаненко І.І., Проблеми та перспективи розвитку енергоефективності в житловому секторі міст України Електронний ресурс <http://www.economy.nauka.com.ua/> електронний журнал «Ефективна економіка» №11, 2010.
2. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування /А.Максимов та ін. Київ, 2015. 184 с.
3. Беленкова О.Ю., Остапенко І.О. Економічна оцінка заходів з підвищення енергоефективності / Остапенко І.О. // Будівельне виробництво. Міжвідомчий науково-технічний збірник. 2013. Вип. 55. С. 28-31.
4. Богданов А.Б., Богданова О.А. Экономика энергетики ТЭЦ с применением эксергии и анергии. URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3170
5. Е.Э. Баймачев, Л.М. Манзарханова, М.В. Туфанова, А.И. Левицкий. Оптимизация температурного графика централизованного теплоснабжения по критерию минимума затрат эксергии// Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. №6. С. 68-72.
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 липня 2005 р. № 630. Офіційний вісник України 12.08.2005. №30. С. 84.
7. Г.Ж. Даукеев, В.Д. Огай. О формировании тарифа на тепловую энергию ТЭЦ на основе эксергетического метода. Алмаатинский институт энергетики и связи. URL: <https://www.aipet.kz>
8. Шаргут Я. Петела Р. Эксергия М. 1968. 279 с.
9. Степанов В.С. Химическая энергия и эксергия веществ. Новосибирск. 1990.163 с.

Надійшла до редколегії 13.11.2020.