УДК 621.317
**Приступа С.О.** к.т.н. *(orcid.org/0000-0003-3705-1541)* **Водько О.П.**
Луцький національний технічний університет

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПІД ЧАС ВЗАЄМОРОЗРАХУНКІВ

*В статті розглянуте поняття якості теплопостачання з точки зору кваліметрії і встановлено, що на сьогоднішній день існує технічна можливість визначення всіх параметрів теплової енергії на вводах систем теплоспоживання. Також розглянуті способи оцінки «ефективності теплоносія у споживача» і запропоновано якісний критерій ефективності теплопостачання, який включає в себе рівень ефективності, при надлишковому теплопостачанні.*

***Ключові слова:*** *енергозбереження, ефективність, показник, теплопостачання, якість.*

**Актуальність проблеми.** На сьогоднішній день встановлення цін за опалення кожного квадратного метра квартири від централізованого теплопостачання ведеться за розрахунковими нормами, або ж за показами загальнобудинкового теплолічильника. Якісні показники практично не враховуються в процесі встановлення цін на послуги теплопостачання. Вищеперераховані моменти свідчать, що оплата за отримане тепло в квартиру є не завжди справедливою.

Проте, враховуючи прагнення нашої держави досягнути євростандартів, існуючі підходи до встановлення вартості теплопостачання слід реформувати. Від вирішення цієї проблеми в значній мірі залежить подальший економічний розвиток країни, і гідне життя її громадян.

**Виклад основного матеріалу.** Розгляд якості теплопостачання можливий точки зору кваліметрії. Кваліметрія – наука про вимірювання якості об'єктів, вивчає та реалізує методи і засоби кількісної оцінки якості продукції та послуг. Система понять у кваліметрії, а також прийоми і методи оцінки якості детально викладені в [1].

Вихідним слід вважати поняття одиничного показника якості, який, згідно визначення, відноситься тільки до одного з властивостей продукції (у тому числі послуги). Кожен об'єкт визначається набором одиничних показників якості, комплектація цього набору (номенклатура показниками якості) залежить від конкретного об'єкта. Так, для промислової продукції виділяють 11 груп показників якості: 1) призначення; 2) надійності; 3) технологічності; 4) ергономічні; 5) естетичні; 6) стандартизації та уніфікації; 7) патентно-правові; 8) економічні; 9) безпеки; 10) транспортабельності; 11) енергоспоживання.

Номенклатура показників якості залежить і від мети оцінки, в тому числі, від необхідності оперативного отримання результату оцінки. При збільшенні кількості показників якості, що беруть участь в оцінці, збільшується і її трудомісткість (відповідно, і вартість). Тому значеннями показників, що мають малий коефіцієнт вагомості (значимості), нехтують; в деяких випадках використовують лише визначальний показник якості, який характеризує споживчу вартість продукції.

При оцінці якості теплопостачання використаний диференційний метод оцінки якості, так як можна виділити визначальний показник якості – кількість теплоти. Зауважимо, що при розгляді технологічного навантаження або навантаження гарячого водопостачання показниками якості теплопостачання, що мають більший коефіцієнт вагомості (в порівнянні з кількістю теплоти), будуть температура і тиск теплоносія. При розгляді теплопостачання термодинамічні показники теплоносія важливі з погляду безпеки і надійності теплопостачання. Відзначимо, що необхідність контролю температури і тиску теплоносія регламентовані Правилами користування тепловою енергією [2]. При цьому витрата теплоносія визначається побічно, по перепаду тиску в подаючому і зворотному трубопроводі.

На сьогоднішній день існує технічна можливість визначення всіх параметрів теплової енергії на вводах систем теплоспоживання. Використання кількості теплоти, як визначального показника якості, яке можливе завдяки сучасним теплолічильникам, дозволяє скоротити трудомісткість оцінювання якості.

Потреба в ресурсах і, відповідно, оплата за послуги довгий час визначалися на підставі існуючих середніх нормативів споживання. У норматив теплопостачання включається витрата теплової енергії, виходячи з розрахунку витрати на 1 м$^2$ площі житлових приміщень для забезпечення температурного режиму житлових приміщень, утримання спільного майна багатоквартирного будинку.

Більш точним у порівнянні з нормативом споживання буде використання при визначенні базового значення проектного теплового навантаження на теплопостачання будівлі. У разі відсутності проектних даних теплове навантаження визначається за паспортами будинків. У разі відсутності проектних і паспортних даних теплове навантаження $W_{норм}$, визначають за формулою:

$$W_{норм} = 10^{-6} q_s S \quad (1)$$

де $q_s$ – нормована питома витрата теплової енергії на теплопостачання по будинку, Гкал / (год·м$^2$);

Таким чином, методика контролю і обліку якості теплопостачання повинна бути відображена в договорі теплопостачання. Однак в існуючих нормативних документах відображена лише частина питань, як така методика обліку якості теплопостачання не відображена ні в одному з документів.

Правила [2] містять загальні для всіх споживачів вимоги до якості теплової енергії та режиму її споживання. Проте якість теплопостачання може бути визначена для конкретного споживача або групи споживачів (наприклад, житлових будинків), виду теплового навантаження (наприклад, теплопостачання).

Пропонується оцінювати якість теплопостачання за кількістю теплоти, при визначенні того, з якого боку недостатньо забезпечується якість теплопостачання – аналізувати відповідність витрати і температур теплоносія базовим значенням .

При порівнянні фактичного значення спожитої теплоти з базовим необхідно враховувати температуру зовнішнього повітря. Перевищення фактичного кількості теплоти $Q_{факт}$ над базовим $Q_{баз}$ називають надлишковим теплопостачанням, зворотну ситуацію - недостатнім теплопостачанням. При $Q_{факт} < Q_{баз}$ і підтримці теплопостачальною організацією відповідності витрати і температури теплоносія базовим значенням провина покладається на споживача (недостатнє використання теплової енергії); при невідповідності витрати або температури теплоносія - на теплопостачальних організацій. Крайнім випадком недостатнього теплопостачання є відсутність теплопостачання, яке може бути провиною як теплопостачальної організації, так і споживача. Можливі ситуації представлені на рис. 1.

У Правилах [2] зазначено, що теплопостачальна організація зобов'язана підтримувати параметри теплоносія відповідно до договору і не допускати відхилення параметрів від договірних більш ніж на ± 5%. Тобто це допуск на відхилення значення витрати (тисків в трубопроводах).

Величину $Q_{надл}$, Гкал, визначають за формулою:

$$Q_{надл} = Q_{факт} - Q_{баз} \quad (2)$$

Виходячи з Правил [17], величина надлишкового теплопостачання дорівнює величині «зняття» за надлишкове теплопостачання $Q^{зн}_{надл}$, Гкал, тоді:

$$Q^{зн}_{надл} = Q_{факт} - Q_{баз} \quad (3)$$

Однак ця формула не враховує витрат споживача на усунення надлишкового теплопостачання і його наслідків (наприклад, використання вентилятора, кондиціонера). Тому пропонується ввести у формулу коефіцієнт $k_{надл}$, що враховує ці витрати:

$$Q^{зн}_{надл} = (1 + k_{надл})(Q_{факт} - Q_{баз}) \quad (4)$$

Виходячи з припущення рівності витрат на виробництво і передачу надлишкової кількості теплоти і витрат на усунення надлишкового теплопостачання і його наслідків, отримаємо $k_{надл} = 1$

Величину $Q_{недост}$, Гкал, визначають за формулою:

$$Q_{недост} = Q_{баз} - Q_{факт} \quad (5)$$

Відповідно до Правил [17] величина «зняття» за недостатнє теплопостачання $Q^{зн}_{недост}$, Гкал, фактично є штраф у розмірі 25% від кількості поставленої теплоти, тобто:

$$Q^{зн}_{недост} = 0,25 Q_{факт} \quad (6)$$

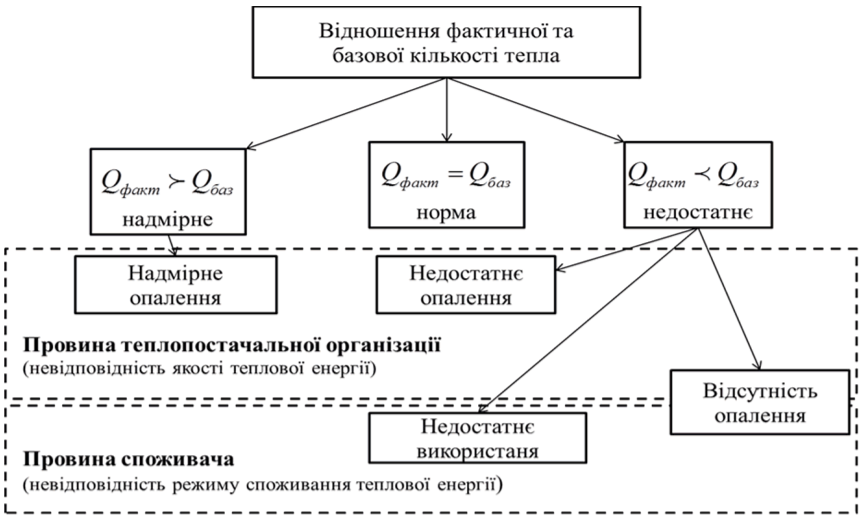


Рис. 1. Відношення фактичної та базової кількості тепла

Використання даної формули може дати зворотний ефект, тому що чим менше поставлено теплоти, тим менші нарахування коштів. Пропонується встановити диференційований розмір величини «зняття» за недостатнє теплопостачання в залежності від величини недостатнього теплопостачання за аналогією з оплатою гарячого водопостачання : «11.7. Розмір платежу за спожитий обсяг гарячої води в період, коли її температура була нижче нормативної (+50 °С), знижується за кожні повні 3°С на 25% ... »; тобто визначати $Q_{недост}^{зн}$ за формулою:

$$Q_{недост}^{зн} = \begin{cases} 0,25Q_{баз}, при \dfrac{Q_{недост}}{Q_{баз}} \le 0,25 \\ 0,5Q_{баз}, при \dfrac{Q_{недост}}{Q_{баз}} \le 0,5 \\ 0,75Q_{баз}, при \dfrac{Q_{недост}}{Q_{баз}} \le 0,75 \\ Q_{баз}, при \dfrac{Q_{недост}}{Q_{баз}} \succ 0,75 \end{cases} \quad (7)$$

Відповідно до Правил [3] теплопостачальна організація у разі перерв, з її вини, теплопостачання сплачує споживачу штраф у розмірі, що вказаний у договорі між споживачем та постачальною організацією (для прикладу візьмемо п'ятикратну вартість теплової енергії, що не надійшла до споживача за умовами договору), тобто величину «зняття» $Q_{недост}^{зн}$, Гкал, визначають за формулою:

$$Q_{недост}^{зн} = 5Q_{баз} \quad (8)$$

Виходячи з формули (8), можна встановити більш жорсткі санкції до постачальника за недостатній відпуск теплоносія за формулою

$$Q_{недост}^{зн} = \begin{cases} Q_{баз}, при \dfrac{Q_{недост}}{Q_{баз}} \le 0,25 \\ 2Q_{баз}, при 0,25 \le \dfrac{Q_{недост}}{Q_{баз}} \le 0,5 \\ 3Q_{баз}, при 0,5 \dfrac{Q_{недост}}{Q_{баз}} \le 0,75 \\ 4Q_{баз}, при \dfrac{Q_{недост}}{Q_{баз}} \succ 0,75 \end{cases} \quad (9)$$

Скоригована кількість теплоти $Q_{скор}$, Гкал, (фактична кількість теплоти до оплати з урахуванням санкцій до постачальника) визначають за формулою:

$$Q_{скор} = Q_{факт} - Q_{надл}^{зн} - Q_{недост}^{зн} - Q_{невідп}^{зн} \quad (10)$$

Відзначимо, що при перерві в подачі теплової енергії з вини теплопостачальної

організації величина скоригованого кількості теплоти вийде негативною.

Так як мова йде про визначення кількості теплоти, що підлягає оплаті споживачем, і в зв'язку з тим, що якість теплопостачання забезпечується і споживачем, то величини «зняття» за надлишкове теплопостачання і недостатнього теплопостачання не обчислюються, якщо розхід теплоносія близький до розрахункового і температура теплоносія в трубопроводі, що подає, відповідає температурному графіку. При цьому допуск на відхилення витрати теплоносія приймемо рівним 5%, а допуск на відхилення температури - 3%, тобто відповідно до [2]. Витрату теплоносія необхідно контролювати, так як тепловіддача опалювальних приладів залежить від витрати теплоносія.

Витрата теплоносія є функцією перепаду тиску, що створюється теплопостачальною організацією, тому відсутність контролю режиму споживання в даному випадку послужить додатковим стимулом для теплопостачальної організації забезпечувати розрахункову витрату теплоносія.

Величину невикористаної кількості теплоти $Q_{невик}$, Гкал, обчислюють за формулою:

$$Q_{невик} = Q_{баз} - Q_{факт} \tag{11}$$

Величина «надбавки» за невикористану кількість теплоти , Гкал, (по суті це і є величина невикористаної кількості теплоти) визначають за формулою:

$$Q_{невик}^{надб} = Q_{баз} - Q_{факт} \tag{12}$$

У тому випадку, якщо величина «надбавки» вийде негативною, її необхідно знехтувати. А це може вийти через некоректні припуски в процесі призначення меж допуску на температуру і витрати теплоносія, які не враховують їх сукупний вплив на кількість теплоти.

Відповідно, підсумкова величина кількості теплоти $Q_{підс}$,Гкал, (виставляється теплопостачальною організацією споживачу до оплати) з урахуванням якості теплової енергії та режиму її споживання дорівнює:

$$Q_{підс} = Q_{скор} + Q_{невик}^{надб} \tag{13}$$

При вкрай низьку якість теплопостачання підсумкова величина кількості теплоти може вийти рівною нулю або навіть негативною - при перериві в подачі енергії з вини теплопостачальної організації.

На практиці через брак потужностей і зношеність теплових мереж застосовується так звана «зрізка» («верхня зрізка») температурного графіка, коли температура в подавальному трубопроводі системи теплопостачання нижче розрахункового значення.

Крім підвищення ступеня задоволеності споживачів важливим питанням є підвищення ефективності теплопостачання та раціональне витрачання ресурсів.

В [1] пропонується оцінювати «ефективність теплопостачання у споживача» $\beta$ за формулою:

$$\beta = \frac{Q_{факт}}{Q_{баз}} 100\% \tag{14}$$

При надлишковому теплопостачанні виходить, що ефективність більше 100%. Це може призвести до невірного висновку про більш ефективне теплопостачання. Насправді, з формули (15) випливає, що чим ближче значення $\beta$ до 100%, тим ефективніше теплопостачання.

Щоб порівнювати між собою по ефективності різні рішення, потрібно мати якийсь кількісний критерій, так звану «цільову функцію». «Кращим» буде вважатися те рішення, яке в максимально мірою сприяє досягненню поставленої мети.

Щоб визначитися з критерієм ефективності потрібно, насамперед, запитати себе: чого ми хочемо, до чого прагнемо, роблячи операцію? Вибираючи рішення, ми, природно, віддамо перевагу такому, при якому цільова функція максимальна або мінімальна.

Тому в якості критерію ефективності теплопостачання з урахуванням його якості приймемо мінімальне значення відхилення фактичного кількості теплоти від базового. Пропонується ввести більш інформативну безрозмірну величину - рівень ефективності теплопостачання Е, при надлишковому теплопостачанні (при недостатньому відпуску або недостатньому використанні енергії - за аналогією) що розраховується за формулою :

$$E = 1 - \frac{Q_{надл}}{Q_{баз}} \tag{15}$$

Чим ближче рівень ефективності до одиниці, тим ефективніше працює система

теплопостачання. Негативне значення свідчить про крайню неефективність і необхідності термінового вжиття заходів. При відсутності опалювання рівень ефективності теплопостачання дорівнює нулю.

Залежно від цілей оцінки в формулу можуть бути введені коефіцієнт значущості надлишкового теплопостачання, недостатнього теплопостачання або недостатнього використання енергії, певним експертним способом (за допомогою опитування). Так, з позицій безпеки, більшу вагу матиме недостатнє теплопостачання - як більш небезпечна з погляду перевантаження систем електропостачання або використання відкритого вогню (газу) для додаткового обігріву приміщень; росте вірогідність погіршення здоров'я населення (у тому числі зростання ризику виникнення простудних захворювань) і, як наслідок, втрати робочого часу. Наслідком надлишкового теплопостачання є перевитрата паливно-енергетичних ресурсів та підвищення теплового забруднення довкілля (більшість усуває надлишок теплопостачання провітрюванням приміщень за допомогою кватирок). Недостатнє використання теплової енергії знижує ефективність вироблення теплової енергії і також веде до підвищення теплового забруднення середовища.

Очевидно, не має сенсу виділяти різні способи впливу на навколишнє середовище (теплове, викиди в атмосферу і т. д.) і оцінювати їх, а використовувати рівень ефективності теплопостачання в якості кількісної комплексної оцінки раціонального використання та економного витрачання ресурсів і впливу на природне середовище.

Маючи кількісну оцінку, можна законодавчо встановити нижнє граничне значення рівня ефективності з екологічної точки зору (враховуючи сучасний розвиток технологій) і визначити економічні санкції за відхилення значень понад допустимі (тобто, по суті, визначити плату за вплив на навколишнє середовище) . Крім того, можна і стимулювання енергозбереження при перевищенні певного значення рівня ефективності.

Середній рівень ефективності теплопостачання за розглянутий період $E_{ср}$ визначають за формулою:

$$E_{ср} = 1 - \frac{\sum Q_{надл} + \sum Q_{недост} + \sum Q_{невик}}{\sum Q_{баз}} \qquad (16)$$

Відзначимо, що визначення середнього значення при оцінці ефективності за формулою (16) дає взаємну компенсацію відхилень кількості теплоти у велику і в меншу сторони і веде до невірних висновків про підвищення ефективності. Використання формули (17) позбавлене цього недоліку.

Рівень ефективності може бути використаний як для оцінки вимірювання якості теплопостачання будівлі (приміщення) в різні періоди часу (до і після заходів з енергозбереження), так і для зіставлення якості теплопостачання різних об'єктів (приміщень, будівель, районів та більш великих об'єктів), тобто є універсальним показником.

Очевидно, що першочерговим малозатратним заходом щодо поліпшення якості теплової енергії та дотримання режиму її споживання є проведення робіт з налагодження систем теплопостачання.

Знаючи рівень ефективності теплопостачання, не складно оцінити потенціал енергозбереження П цих робіт за формулою:

$$П = (1 - E)100\% \qquad (17)$$

При зниженні надлишкового теплопостачання (аж до його усунення), зрозуміло, спостерігається економія теплової енергії, але при зниженні недостатнього теплопостачання енергозбереження не настільки очевидно. Справа в тому, що тут необхідно розглядати енергозбереження всієї системи енергопостачання. Так для додаткового обігріву приміщень застосовують електроенергію або газ, ефективність такого обігріву, як правило, нижче ефективності використання централізованого теплопостачання.

Визначення рівня ефективності теплопостачання та потенціалу енергозаощадження може базуватися на даних, отриманих при взаєморозрахунках за теплову енергію з урахуванням якості теплопостачання. При цьому ми отримаємо результати з урахуванням певного допуску на відхилення якості теплопостачання, тобто, орієнтуючись на існуючий рівень розвитку технологій.

При застосуванні прогресивних технологій можуть бути призначені зменшені значення допусків, а також можливий перехід від аналізу добових значень до значень, отриманих за менший період (це пов'язано з періодом регулювання). При цьому теоретичне значення потенціалу енергозбереження П при проведенні робіт з поліпшення якості теплової енергії та

дотриманню режиму споживання може бути визначено за формулою:

$$П_{теор} = \frac{\left|Q_{баз} - Q_{факт}\right|}{Q_{баз}} 100\% \qquad (18)$$

Не важко здогадатися, що теоретичне значення потенціалу енергозбереження буде більше розрахованого за формулою (18). Істинне значення фактично спожитого кількості теплоти невідомо, при розрахунках використовують виміряне значення (оцінка похибок розглянута далі).

**Висновки.** На основі проведеного аналізу нормативних документів, на підставі яких відбувається розрахунок цін на послуги теплопостачання і норми його використання встановлено, що в них є певні недопрацювання, які не дозволяють справедливо розраховувати комунальні платежі за спожите тепло і полягають в тому, що сума платежу визначається залежно від кількості квадратних метрів приміщення, а не від температури теплоносія або об'єму приміщення, що було б більш справедливо.

На підставі проведеного аналізу процесу теплопостачання запропоновано універсальні показники якості опалення, за якими ефективність оцінюється, як характеристика рівня раціональної та економної витрати ресурсів разом зі ступенем впливу на навколишнє середовище. Також за величиною даних показників можна порівнювати роботу різних систем теплопостачання та оцінювати потенціал енергозбереження під час проведення робіт з налагодження систем теплопостачання, як за існуючого рівня розвитку технологій, так і з урахуванням перспективи.

**Інформаційні джерела**

1. Андрианов Ю.М. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении / Ю.М. Андрианов, А.И. Субетто. – Л.:Машиностроение, 1990. – 216с.

*2.* Кабінет міністрів України. Постанова від 21 липня 2005 р. № 630, Київ. Про затвердження Правил надання послуг з централізованого теплопостачання, постачання холодної та гарячої води і водовідведення та типового договору про надання послуг з централізованого теплопостачання, постачання холодної та гарячої води і водовідведення { Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ N 1268 ( 1268-2007-п) від 31.10.2007, N 933 ( 933-2009-п ) від 03.09.2009, N 151 ( 151-2010-п ) від 17.02.2010, N 1135 ( 1135-2011-п ) від 31.10.2011 } .

3. Постанова Кабінету міністрів України від 3 жовтня 2007 р. № 1198. Про затвердження Правил користування тепловою енергією.

4. Трохимчук Г.П. До питання обліку теплової енергії / Г.П. Трохимчук, С.О. Приступа // Перспективні технології та прилади. – 2015.– №7.– С. 131-135.

5. Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация / В.Н. Фомин. – М.: Ассоциация авторов и издателей «Тандем», ЭКМОС, 2000. – 320с.

**Приступа С.А.** к.т.н. (Orcid.org/0000-0003-3705-1541) **Водько О.П**
Луцкий национальный технический университет

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ВЗАИМОРАСЧЕТАХ**

*В статье рассмотрено понятие качества теплоснабжения с точки зрения квалиметрии и установлено, что на сегодняшний день существует техническая возможность определения всех параметров тепловой энергии на вводах систем теплопотребления. Также рассмотрены способы оценки «эффективности теплоносителя у потребителя» и предложено качественный критерий эффективности теплоснабжения, который включает в себя уровень эффективности, при избыточном теплоснабжении.*

***Ключевые слова:*** *энергосбережение, эффективность, показатель, теплоснабжения, качество*

**S. Prystupa O.Vodko**
Lutsk National Technical University

**HEATING EFFICIENCY DURING SETTLEMENTS**

*The paper examined the concept of quality of heat in terms of quality control and found that to date there is technically possible to determine all parameters of heat at the input of heat consumption. Also discussed ways to assess "the effectiveness of the coolant to the consumer" and offered a quality criterion of efficiency heating, which includes the efficiency, the excessive heat.*

***Keywords:*** *energy efficiency, the rate of supply, quality.*