



ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ

Київ-2023

Редакційна колегія:

*канд. тех. наук О. І. Сігал,
канд. тех. наук Н. Ю. Павлюк,
канд. фіз.-мат. наук Д. Ю. Падерно*

Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики :

П 78 Збірник праць / за ред. к.т.н. О. І. Сігала; Інститут промислової екології. –
К. : ІВЦ АЛКОН НАН України, 2023. – 198 с.
ISBN 978-966-8449-71-0

В збірнику розміщені праці учасників XXXII Міжнародної онлайн-конференції «Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики» (20–21 вересня 2022 року, м. Київ), а також інші статті, надіслані до оргкомітету фахівцями галузі.

Статті присвячені загальним проблемам скорочення споживання природного газу та заміщення його іншими викопними, відновлювальними та альтернативними видами палива в комунальній теплоенергетиці, експлуатації об'єктів промислової та муніципальної енергетики, сучасним екологічно чистим і енергозберігаючим технологіям спалювання палив, енергозбереженню в муніципальній теплоенергетиці, екологічним проблемам енергетики відповідно до вимог Директив ЄС, процесам управління твердими побутовими відходами.

УДК 504.03+620.9

Сігал І. Я., Сміхула А. В., Марасін О. В., Горбунов О. В., Мігалін С. В. КОНЦЕПЦІЯ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ ІСНУЮЧИМИ ГАЗОВИМИ КОТЛАМИ УКРАЇНИ, ЩО ВХОДЯТЬ ДО СКЛАДУ LCP	51
Абдулін М. З., Сірий О. А., Кунік А. А. ПІДВИЩЕННЯ РЕАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ТА ПРОПАН-БУТАНУ	57
Сігал І. Я., Сміхула А. В., Марасін О. В., Домбровська Е. П. ДОСВІД СПАЛЮВАННЯ БІОГАЗУ В ІСНУЮЧИХ ПАРОВИХ ТА ВОДОГРІЙНИХ КОТЛАХ	63
Buinevicius K., Jancauskas A. COMBUSTION PERFORMANCE OF OAT HULLS PELLETS	67
Козлов І. Л., Ковальчук В. І., Сова К. О., Козлов О. І. НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ	70
Колієнко А. Г. ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ ПРОМИСЛОВОГО І КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	76
Фіалко Н. М., Меранова Н. О., Юрчук В. Л., Рокитько К. В., Кліщ А. В., Малецька О. Є., Дашковська І. Л., Ольховська Н. М. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКІВ ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ГОРІННЯ	80
Кравченко В. П., Оверченко А. О., Козлов І. Л., Ковальчук В. І., Головін М. О., Козлов О. І. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АТОМНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	84
Звягінцев В. Л., Івченко О. В. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ВІДПУЩЕНОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІД ТЕЦ, КОТЕЛЬНІ ТА ТЕПЛОВІ ВТРАТИ ЗАКРИТИХ ТА ВІДКРИТИХ СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	88
Бикоріз Є. Й., Плашихін С. В., Магєра Ю. М., Ніжник Н. А., Селіванов В. І. ОСОБЛИВОСТІ ПАЛЬНИКА З НАДНИЗЬКОЮ ЕМІСІЄЮ ОКСИДІВ АЗОТУ	99

З наведених результатів розрахунків (таблиця) видно, що перший варіант програє через неможливість забезпечити достатньо велику теплову потужність споживача. Дві наступні схеми по тепловій потужності тепlopостачання практично однакові, але схема з використанням ТН має в двічі більшу електричну потужність.

Таблиця

Порівняння різних схем використання АСМП з SMR-160

Теплова схема	$N_{\text{ел}}, \text{МВт}$	$Q_{\text{тепл}}, \text{МВт}$	$E_Q, \text{МВт}$	ККД _{ex} , %
Конденс. режим	150,00	32,00	–	–
Схема (рисунок)	36,10	442,50	116,3	29,03
Використання ТН	76,38	448,62	69,9	27,70

Висновки

Враховуючи, що теплота в протитисковому режимі постачається при температура прямої мережевої води 130 °С, а при використанні ТН температура прямої мережевої води 65 °С, для порівняння цих варіантів був використаний ексергетичний ККД, який для протитискового режиму має значення на 1,33% (абс.) більше, ніж для схеми з використанням теплового насосу.

Список використаної літератури

1. Advances in Small Modular Reactor Technology Developments. A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS). 2018 Edition. IAEA.
2. Averfalk H., Ingvarsson P., Persson U. and Werner S. On the Use of Surplus Electricity in District Heating Systems // Proceedings from the 14th International Symposium on District Heating and Cooling: September, 6–10, 2014. – Stockholm, Sweden. – pp. 469–474.
3. Increasing the Efficiency of NPP by Using the Heat Pump for Heat Supply / Kravchenko V., Kolykhanov M., Muromsky E., Vysotsky Yu., Galatsan M. // Proceedings of the 13th International Conference of the Croatian Nuclear Society. Zadar, Croatia, June 5–8, 2022. – P. 120-1–120-10.

В. Л. Звягінцев, О. В. Івченко

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ВІДПУЩЕНОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІД ТЕЦ, КОТЕЛЬНІ ТА ТЕПЛОВІ ВТРАТИ ЗАКРИТИХ ТА ВІДКРИТИХ СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Спосіб визначення теплового балансу відпущеної теплової енергії від ТЕЦ, котельній систем центрального теплоснабження у водяну теплову мережу закритого та відкритого типу має відомі складові: теплові втрати в теплових водяних мережах, реалізовану теплову енергію на опалення та вентиляцію та реалізовану теплову енергію на гаряче водопостачання, а також теплові втрати в житлових будинках у вигляді теплової енергії на опалення загальних нежитлових приміщень та у вигляді теплових втрат в системі гарячого водопостачання в режимі очікування водорозбору.

Тепловтрати на комунальну теплову енергію в житлових будівлях визначають за: розміром площі опалювальних нежитлових приміщень; показниками теплових лічильників, що встановлені на стояках трубопроводів постачання теплоносія або перед нагрівальними приладами в нежитлових комунальних приміщеннях.

Теплові втрати в системах гарячого водопостачання визначають за показниками теплових лічильників в центральних та індивідуальних теплових пунктах, що встановлені на трубопроводах, які постачають теплоносії та циркуляційних трубопроводах за винятком теплової енергії, яка була використана під час споживання гарячої води, що обчислюються за показниками лічильників гарячої води в квартирах житлового будинку, в комерційних та бюджетних будівлях.

Нормативний документ РД 34.09.255-97. Методические указания по определению тепловых потерь водяных тепловых сетях (далі за текстом – МУ 34-70-080-84) рекомендує обчислювати теплові втрати у водяних теплових мережах через теплову ізоляцію трубопроводів залежно від способу прокладання теплової мережі. Цей нормативний документ ґрунтується на обчисленні теплових втрат у водяній тепловій мережі на всю її довжину, тобто вибудовують тепломережу в одну по-

слідовну магістраль. Насправді потоки теплоносія розходяться від джерела радіально паралельними тепловими потоками кількох магістралей.

Вказаний нормативний документ не враховує потужність (ентальпію) та зміну потужності (ентальпії) теплового потоку в магістральних та розподільчих водяних теплових мережах (трубопроводах) на зменшення в залежності віддаленості від джерела (ТЕЦ, котельні).

Положення відповідного нормативного документу були відомі і раніше, дивись, наприклад, роботу: Довідник з налагодження та експлуатації водяних теплових мереж / В. І. Манюк [та ін.]. – М.: Будвидав, 1982. – 432 с., табл. 6.1 та 6.2, стор. 160. Нормативний документ має багато недоліків, наприклад, у формулі 7 питомі теплові втрати через теплову ізоляцію трубопроводу водяної теплової мережі вимірюють у Вт/м або Ккал/(м·год), ті ж одиниці стоять у таблиці 1 і 2 у Вт/м² та Ккал/(м²·год). В табл. 6.1 та 6.2 мають розмірність Вт/м² та Ккал/(м²·год) відповідно. Для проведення вірного обчислення за формулою 7, потрібно поміняти місцями значення доданків. За застарілими даними, таблиця 4, де внесені теплові втрати через асфальтову теплову ізоляцію при безканалній прокладці теплової мережі, необхідно додати таблицю теплових втрат через поліуретанову теплову ізоляцію при безканалній прокладці теплової мережі. Ця методика приймає сумарні тепловтрати в теплових мережах за середні. Для перших та середніх споживачів сумарні тепловтрати – мають завищені значення!

Таким чином, нормативний документ розглядає теплові втрати у теплових водяних мережах безсистемно та помилково вважають теплові втрати у споживачів як теплові втрати у теплової мережі.

Відомі «Норми та вказівки щодо нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні», КТМ 204.

В пп. 3.1.7 та 3.1.8 на стор. 41 документа наведено нормовані значення тимчасових середніх норм теплових втрат у водяних теплових мережах, які залежать від протяжності мережі та значень відпущеної теплової енергії від джерела. Наведені рекомендації середніх параметрів мають дуже завищені значення.

У запропонованій системі центрального теплопостачання закритого та відкритого типу має тепловий баланс відпущеної теплової енергії від ТЕЦ (котельні) у водяну теплову мережу, яку розподіляють на теплові втрати у водяній теплової мережі, реалізовану теплову енергію на опалення й вентиляцію та реалізовану теплову енергію на гаряче водопостачання, яку обчислюють як тепловий баланс за наступним виразом:

$$Q_{tot} = Q_{dis,ls} + Q_{nd,cont} + Q_{DHW,use} + Q_{A,c,ut,ls} + Q_{A,c,bath,ls}, \quad (1)$$

де Q_{tot} – сумарні теплонадходження (відпущена теплова енергія від джерела) до житлових, комерційних та громадських будівель (далі – споживачі), %;

$Q_{dis,ls}$ – тепловтрати у водяних тепломережах, %;

$Q_{nd,cont}$ – енергоспоживання споживачами на їх опалення, що також включає в себе енергоспоживання на вентиляцію під час їх опалення (сумарна реалізована теплова енергія, що була спожита на опалення та вентиляцію), %;

$Q_{DHW,use}$ – енергоспоживання споживачами при постачанні гарячої води (реалізована теплова енергія з системи постачання гарячої води), %;

$Q_{A,c,ut,ls}$ – тепловтрати в житлових будівлях у приміщеннях загального користування, %;

$Q_{A,c,bath,ls}$ – тепловтрати споживачів в системі постачання гарячої води, %.

Пропоноване рівняння теплового балансу відпущеної теплової енергії від джерела містить повне та системне значення, що показує дві аномалії теплових втрат у споживачів, що наразі віднесено до теплового балансу, як теплові втрати водяної теплової мережі.

Пропонована система центрального теплопостачання закритого та відкритого типу відрізняється тим, що за тепловим балансом відпущеної теплової енергії в теплових водяних мережах теплові втрати обчислюються за розробленим графіком (зведеною таблицею даних) та системою математичних рівнянь на всю довжину теплової мережі для середньостатистичного споживача системи теплопостачання за виразом:

$$Q_{dis,ls} = E_{dis,ls} \cdot L/100, \quad (2)$$

де $E_{dis,ls}$ – питомі тепловтрати у водяних тепломережах, %;

L – значення довжини водяної теплової мережі від джерела теплопостачання до середньостатистичного споживача, м.

Питомі теплові втрати в водяній тепловій мережі є одною з основних характеристик змінення потужності (ентальпії) теплового потоку в магістральний та розподільчих водяних теплових мережах (трубопроводах) на зменшення в залежності віддаленості від джерел (ТЕЦ, котельних).

Пропонована система центрального теплопостачання закритого та відкритого типу відрізняється тим, що за тепловим балансом відпущена теплова енергія після водяних теплових мереж втрачається в житлових будинках у вигляді комунальної теплової енергії і її обчислюють

відповідно до реалізованої теплової енергії цього житлового будинку (будинків) на опалення та вентиляцію за виразом:

$$Q_{A,c,ut,ls} = \frac{A_{c,ut,tot}}{A_{apartment,tot}} \cdot 100, \quad (3)$$

де $A_{c,ut,tot}$ – сумарна площа приміщень загального користування у будівлі, що опалюються (холи, коридори загального користування, сходи, ліфти та ін.), м²;

$A_{apartment,tot}$ – сумарна площа квартир (приміщень) у будівлі, що опалюються, м².

У житлових будинках комунальну площу, що опалюється та опалювальну площу квартир приймають за технічним паспортом будинку (будинків). Для кожної системи центрального теплопостачання значення комунальних теплових втрат рахують окремо. З експериментальних розрахунків теплові втрати комунальної теплової енергії можуть перебувати в межах 6–13% у середньому за системою теплопостачання.

У разі, якщо у всіх житлових будинках будуть встановлені теплові лічильники, із рівняння теплового балансу категорію комунальної теплової енергії (теплових втрат) не буде виключено: по-перше, через наявність житлових будинків пільговиків та відключених від центрального опалення квартир, що перейшли на індивідуальне опалення; по-друге, ці теплові втрати слід зменшувати надалі.

Запропонована система центрального теплопостачання закритого та відкритого типу відрізняється тим, що за тепловим балансом відпущена тепла енергія після водяних теплових мереж втрачається в житлових будинках у системах гарячого водопостачання та її значення обчислюють експериментально співвідношенням реалізованої теплової енергії з водорозбірних кранів у системі гарячого водопостачання до сумарної реалізованої теплової енергії в системах опалення та вентиляції цього житлового будинку (будинків) у середньому за опалювальний сезон (опалювальний місяць) за фактом виставлених рахунків за виразом:

$$EP_{DHW,use} = \frac{Q_{DHW,use}}{Q_{nd,cont}} \cdot 100, \quad (4)$$

де $EP_{DHW,use}$ – питоме споживання енергії при постачанні гарячої води, %.

Для виразу (4) значення величин $Q_{DHW,use}$ та $Q_{nd,cont}$ застосовуються в натуральних фізичних одиницях кВт·год або Гкал.

Значення відношення реалізованих теплових енергій у житлових будинках та спорудах визначаються засобами вимірювальної техніки за

час опалювального сезону (опалювального місяця). В системах теплопостачання теплові втрати у системах гарячого водопостачання експериментально знаходяться в межах 55–70% від реалізованої теплової енергії з кранів гарячої води. При цьому 70% характерні для індивідуальних теплових пунктів, дахових котельень і групових теплових пунктів (центральных теплових пунктів) з підключенням одного або двох житлових будинків. Вперше саме у житлових будинках з індивідуальними даховими котельнями методом теплового балансу у травні та вересні місяцях визначено, що теплові втрати у системах гарячого водопостачання будинків перебувають у межах 70% під час цілодобового водорозбору з кранів гарячої води в режимі його очікування.

В інші літні місяці, коли настають відпустки та канікули у школярів та студентів теплові втрати у системах гарячого водопостачання перевищують 70% у режимі очікування водорозбору.

Загальні переваги запропонованої системи теплопостачання закритого та відкритого типу, які мають тепловий баланс відпущеної теплової енергії від ТЕЦ (котельні) є те, що системно до теплових втрат у водяних теплових мережах додають приховані аномальні теплові втрати у житлових будинках у вигляді комунальної теплової енергії та теплових втрат у системах гарячого водопостачання житлових будинків, причому, обсяг теплових втрат у водяних теплових мережах зменшують на сумарну величину теплових втрат у житлових будинках. Це говорить про те, що фінансування реновацій мереж потрібно спрямовувати на зниження теплових втрат не лише в теплових мережах, а й у житлових будинках.

На рис. 1 представлений Графік 1 теплових втрат у водяних теплових мережах.

За результатами аналізу Графіку 1, можна зробити висновок:

По-перше, відсутня пряmlinійна залежність тепловтрат від довжини водяної теплової мережі.

По-друге, Графік 1 має крутий підйом, чим завищує тепловтрати у водяних теплових мережах.

По-третє, максимального значення тепловтрат у водяній тепломережі (13%) знаходиться в точці зі значенням довжини теплової водяної мережі близько 2400 метрів, що є досить завищеним значенням для реальних водяних тепломереж.

На рис. 2 побудовані два робочі Графіки 2 і 3 теплових втрат водяних теплових мереж $Q_{dis,ls}$ та два робочі Графіки 2А і 3А питомих теплових втрат водяних теплових мереж $E_{dis,ls}$ за даними відповідно до п. 3.1.8, стор. 41 нормативного документу, при цьому, за базові значен-

ня для графіків 2 і 2А прийнято теплові втрати водяної теплової мережі на відстані 500 метрів (2,9%) та 1000 метрів (4,8%) від джерела (від місця встановлення вузла обліку відпущеної теплової енергії). Графіки 3 і 3а, що мають пряmlinійну залежність за виразом (2), побудовані на базі розроблених Графіків 2 і 2А, а саме знайдені координати точки «А» на 100 метрах водяної теплової мережі, де згідно з виразом (2) $Q_{dis,ls} = E_{dis,ls} = 0,66\%$, з якої будуються (виходять) Графіки 2 і 2А та одночасно прямі Графіків 3 і 3А. Графік 3 і 3А є більш точними та прийнятними для теплових водяних мереж, а Графіки 2 та 2А залишаються неприйнятними та завищеними. Графік 2 досягає 13% теплових втрат на ділянці теплової мережі в точці «В» на відстані 5555,56 метрів. Кут нахилу верхньої пряmlinійної частини Графіка 2 є паралельним орієнтиром для побудови реального Графіка 3 теплових втрат водяних теплових мереж до перетину з максимальним значенням теплових втрат 13% в точці «С» на відстані 6955,56 метрів протяжності водяної теплової мережі до середнього споживача системи теплопостачання, що розглядається.

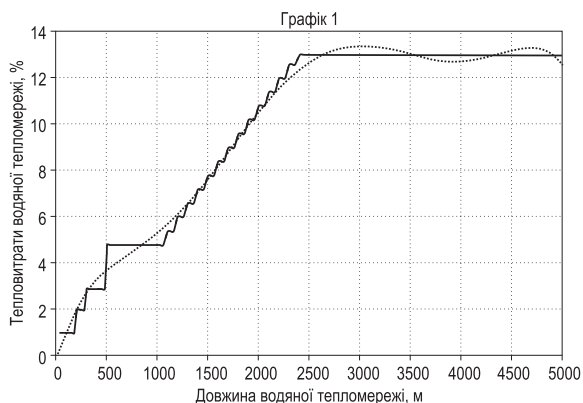


Рис. 1. Графік теплових втрат у водяних теплових мережах відповідно до п. 3.1.8 стор. 41 КТМ 204 України.

На рис. 3 представлено Графік 3 реальних теплових втрат у водяних теплових мережах та Графік 3А реальних питомих теплових втрат у водяних теплових мережах. Підтвердження того, що Графік 3 є більш точним і ближче наближений до реальних значень теплових втрат є те, що Графіки 2А і 3А питомих теплових втрат водяної теплової мережі співпадають на відстані теплової мережі в точці «С» зі значення

6955,56 м в одну лінію, а Графік 3 та 3А (відповідно і табл. 2) можна, за потреби, подовжити відповідно до виразу (2).

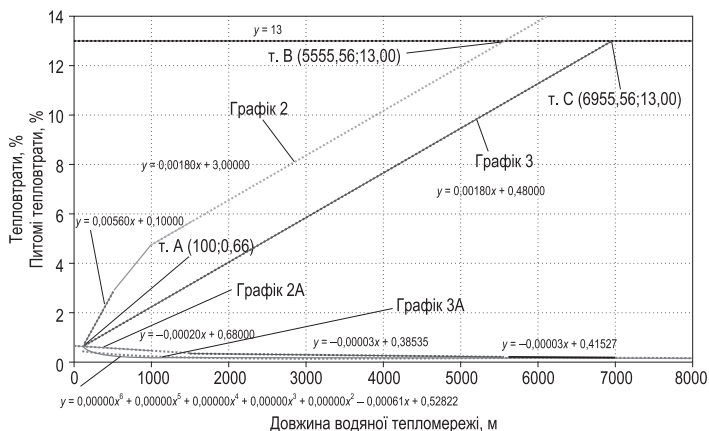


Рис. 2. Робочі графіки теплових втрат та питомих теплових втрат в водяних теплових мережах.

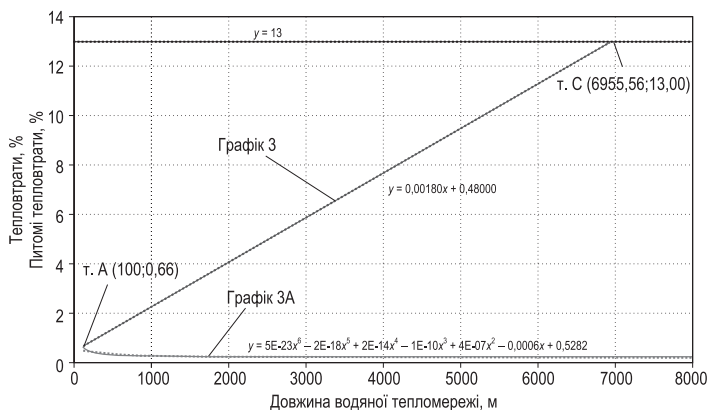


Рис. 3. Реальні графіки теплових втрат та питомих теплових втрат в водяних теплових мережах.

У разі подовження Графіка 3 після досягнення теплових втрат вище 13% у точці «С» питомі теплові втрати починають зростати, що енергетично неможливо. В реальних умовах питомі теплові втрати енергетично продовжують знижуватися за Графіками 2А та 3А. Тому Графік 3 не перевищує теплові втрати теплової мережі більше 13%.

Таблиця 1

Значення показників для Графіків 2 та 2А на рис. 2

Тепловтрати	Довжина теплової мережі (L), м $\cdot 10^2$										
	1	2	3	4	5	10	20	30	40	50	70
Питомі тепловтрати у водяних тепломережах ($E_{dis,ls}$), %	0,660	0,640	0,620	0,600	0,58	0,480	0,330	0,280	0,255	0,240	0,186
Тепловтрати у водяних тепломережах ($Q_{dis,ls}$), %	0,66	1,76	2,14	2,52	2,90	4,80	6,60	8,40	10,20	12,00	13,00

Таблиця 2

Значення показників для Графіків 3 та 3А на рис. 3

Тепловтрати	Довжина теплової мережі (L), м $\cdot 10^2$										
	1	2	3	4	5	10	20	30	40	50	70
Питомі тепловтрати у водяних тепломережах ($E_{dis,ls}$), %	0,660	0,420	0,340	0,300	0,276	0,228	0,204	0,196	0,192	0,190	0,186
Тепловтрати у водяних тепломережах ($Q_{dis,ls}$), %	0,66	0,84	1,02	1,20	1,38	2,28	4,08	5,88	7,68	9,48	13

ПРИКЛАД № 1

Обчислення тепловтрат на житловій будівлі у приміщеннях загального користування

Обчислення проводиться відповідно до табл. 7.1 КТМ 204 Україна 244-94 Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. – [Чинний від 1993-12-14]. Вид. офіц. УкрНДІнжпроект.

Загальна опалювальна площа житлової будівлі (A_{Tot}) може бути обчислена за виразом:

$$A_{Tot} = A_{apartment,tot} + A_{c,ut,tot}. \quad (5)$$

Визначення реальних енергопотреб для опалення житлової будівлі ($Q_{H,nd}$) в Гкал/рік за виразом:

$$Q_{H,nd} = A_{Tot} \cdot F_P, \quad (6)$$

де F_P – коефіцієнт (див. табл. 7.1 [5]), що враховує питоме планове навантаження на 1 м² площі за один рік, Гкал/м² · рік.

Результати обчислення сумарного теплового навантаження житлової будівлі наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Данні обчислень сумарного теплового навантаження житлової будівлі

Категорія будівлі	Сумарна площа квартир (приміщень) у будівлі, що опалюються ($A_{apartment,tot}$), м ²	Сумарна площа приміщень загального користування у будівлі, що опалюються ($A_{c,ut,tot}$), м ²	Загальна опалювальна площа житлової будівлі (A_{Tot}), м ²	F_P , Гкал/м ² · рік	Реальні енергопотреби для опалення житлової будівлі ($Q_{H,nd}$), Гкал/рік
1–2-поверхові	8 857,3	496,0	9 353,3	0,422	3 947,1
3–4-поверхові	12 837,5	918,8	13 756,3	0,247	3 397,8
5-поверхові та вищі	92 771,7	5 495,2	98 266,9	0,167	16 410,6
Усього	114 466,5	6 910,1	121 276,5	0,196	23 755,5

Тоді за виразом (3) отримуємо:

$$Q_{A,c,ut,ls} = \frac{6\,910,1}{114\,466,5} \cdot 100 = 6,04 (\%).$$

В табл. 4 наведено результати обчислення сумарного теплового навантаження житлових будівель за площами, що залишилися.

Таблиця 4

Данні обчислень сумарного теплового навантаження житлової будівлі за площами, що залишилися

Категорія будівлі	Сумарна площа квартир (приміщень) у будівлі, що опалюються ($A_{apartment}$), m^2	Сумарна площа приміщень загального користування у будівлі, що опалюються ($A_{c,ut,ld}$), m^2	Загальна опалювальна площа житлової будівлі (A_{rd}), m^2	F_p , Гкал/ $m^2 \cdot$ рік	Реальні енергопотреби для опалення житлової будівлі ($Q_{H,rd}$), Гкал/рік
1–2-поверхові	7 214,3	496,0	7 710,3	0,422	3 246,0
3–4-поверхові	11 248,7	918,8	12 167,5	0,247	3 005,4
5-поверхові та вищі	68 103,9	5 495,2	73 599,1	0,167	12 291,0
Усього	86 566,9	6 910,1	93 476,9	0,198	18 542,4

Тоді:

$$Q_{A,c,ut,ls} = \frac{6\,910,1}{86\,566,9} \cdot 100 = 8,0 (\%).$$

Якщо не враховувати площі квартир, що були відключенні від загальної теплової водяної мережі (отримали індивідуальне опалення) для наведеного прикладу тепловтрати житлових будівель у приміщеннях загального користування підвищилися на величину:

$$\Delta = 8,00 - 6,04 = 1,96 (\%).$$

Таким чином, наведений приклад розрахунків дає можливість обчислити сумарні теплові навантаження житлових будівель після переведення окремих квартир на індивідуальну форму опалення та відключення від загальної теплової мережі.

ПРИКЛАД № 2

Обчислення теплового балансу відпущеної теплової енергії від ТЕЦ (котельня)

Вихідні дані для проведення розрахунків:

$$EP_{DHW,use} = 35\%;$$

$$Q_{dis,ls} = 13\%;$$

$$Q_{DHW,use} = \frac{35\%}{100\%} \cdot Q_{nd,cont} = 0,35 \cdot Q_{nd,cont};$$

$$Q_{A,c,ut,ls} = \frac{12\%}{100\%} \cdot Q_{nd,cont} = 0,12 \cdot Q_{nd,cont};$$

$$Q_{A,c,bath,ls} = \frac{60\%}{100\%} \cdot Q_{DHW,use} = 0,6 \cdot Q_{DHW,use} = 0,6 \cdot 0,35 \cdot Q_{nd,cont}.$$

Тоді вираз (1) прийме наступний вигляд:

$$Q_{Tot} = 13 + (1 + 0,35 + 0,12 + 0,35 \cdot 0,6) \cdot Q_{nd,cont}.$$

Тоді:

$$Q_{nd,cont} = \frac{100 - 13}{1,68} = 51,786 (\%);$$

$$Q_{DHW,use} = 0,35 \cdot 51,786 = 18,125 (\%);$$

$$Q_{nd,cont} + Q_{DHW,use} = 51,786 + 18,125 = 69,911 (\%);$$

$$100 - (Q_{nd,cont} + Q_{DHW,use}) = 100 - 69,911 = 30,089 (\%);$$

$$Q_{A,c,ut,ls} = 0,12 \cdot 51,786 = 6,214 (\%);$$

$$Q_{A,c,bath,ls} = 0,6 \cdot 18,125 = 10,875 (\%).$$

Перевірочне обчислення теплових втрат в водяних теплових мережах:

$$Q_{dis,ls} = 100 - (Q_{nd,cont} + Q_{DHW,use}) - Q_{A,c,ut,ls} - Q_{A,c,bath,ls}.$$

$$Q_{dis,ls} = 100 - (51,786 + 18,125) - 6,214 - 10,875 = 13 (\%).$$

Таким чином, в нормативному документі РД 34.09.255-97. Методические указания по определению тепловых потерь водяных тепловых сетях (МУ 34-70-080-84). – [Чинний від 1998-01-01]. Вид. офіц. та зако-