

DETERMINAREA NECESARULUI DE CĂLDURĂ A CONSUMATORILOR RACORDAȚI LA SACET PENTRU UN CARTIER REZIDENȚIAL

Irina APOSTOL

*Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Departamentul Energetică,
grupa EM-20M, Chișinău, Republica Moldova*

Rezumat. În Uniunea Europeană, Sistemele de Alimentare Centralizată cu Energie Termică tind să capete treptat o atenție tot mai mare, fiind mult mai cotate decât sistemele individuale din cauza emisiilor scăzute de gaze cu efect de seră, cheltuieli mai mici de operare și mentenanță, întreținerea și verificarea periodică a utilajului este efectuată de personalul calificat, iar riscurile accidentelor de exploatare sunt mult mai reduse.

În Republica Moldova, din păcate, sectorul rezidențial mai des optează pentru sisteme individuale de alimentare cu energie termică, iar în cazul unei potențiale racordări la sistemul centralizat, apare nevoia determinării necesarului de căldură a consumatorilor. Pentru simplificarea elaborării calculelor ulterioare, am ales o modalitate simplificată, dar cu rezultate reale și accesibile, pe care am prezentat-o în lucrarea dată.

Drept reper pentru calcule, a fost considerat un cartier rezidențial cu o populație de circa 3000 locuitori, dintr-o localitate a Republicii Moldova.

Cuvinte cheie: Sistem de alimentare centralizată cu energie termică, Sarcina termică, Suprafețe termice echivalente, Încălzire, Apă caldă menajeră.

Introducere

Calculul necesarului de căldură pentru cartierul considerat a fost efectuat în baza unei metodologii expuse în sursa [1] și adaptat pentru realitățile Republicii Moldova. Conform acestui îndrumar s-a decis estimarea necesarului nominal de căldură pentru încălzire prin metoda bazată pe cunoașterea suprafeței echivalente termic a corpurilor de încălzire, aceasta fiind cea mai accesibilă metodă în cazul în care nu dispunem de date exacte a consumurilor de energie termică.

Metodologia de calcul a necesarului de căldură pentru încălzire, bazată pe aplicarea suprafețelor termice echivalente

În baza modelului propus, putem prezenta metodologia de calcul, pentru care considerăm:

$$q_i^c = S_{\Sigma ech} \cdot q_0^c \quad (1)$$

unde: q_i^c reprezintă consumul de căldură pentru încălzire;
 $S_{\Sigma ech}$ - suprafața echivalentă termic totală a corpurilor de încălzire montate;
 q_0^c - fluxul termic nominal transmis prin suprafața echivalentă.

Suprafața echivalentă termic totală a corpurilor de încălzire montate poate fi cunoscută din proiectele clădirilor sau poate fi estimată prin cunoașterea numărului de apartamente convenționale ce urmează să fie racordate la rețeaua termică $N_{ap.conv.}$ și a suprafeței specifice echivalente termic a corpurilor de încălzire $q_{i,0}^c$, montate într-un apartament:

$$S_{\Sigma ech} = N_{ap.conv.} \cdot S_{ech,0} \quad (2)$$

Suprafața specifică echivalentă termic a corpurilor de încălzire $q_{i,0}^c$ montate într-un apartament convențional, ce are o temperatură interioară de 20 °C, amplasat într-o zonă climatică cu temperatura exterioară de calcul de -15 °C și o viteză de calcul a vântului de 5 m/s este de circa 10-12 m²/ap. conv. Pentru alte condiții climatice, valoarea de mai sus trebuie corectată prin multiplicarea ei cu:

$$k = \frac{t_i^C - t_e^C}{35} \cdot \frac{E + (w^C)^{4/3}}{E + 5^{4/3}} \quad (3)$$

- unde: k reprezintă coeficientul de corecție;
 t_i^C și t_e^C - temperaturile exterioare, respectiv interioare de calcul;
 E - caracteristica eoliană a clădirii $E = 20 \div 40$, pentru construcții cu vitrare normală $E=30$, pentru construcții cu vitrare redusă $E \div 35$ și pentru construcții cu vitrare ridicată $E \div 25$);
 w^C - viteza reală de calcul a vântului, (de regulă $w^C = 5$ m/s).

Conform [2], fluxul termic nominal transmis prin suprafața echivalentă q_0^C are valoarea de 525 W/m^2 , în condițiile în care agentul termic de încălzire are temperaturile de intrare și ieșire $95/75 \text{ }^\circ\text{C}$, iar temperatura interioară este de $18 \text{ }^\circ\text{C}$. Pentru alte condiții de funcționare, valoarea fluxului termic se corectează cu relația:

$$q_0^C \cong 525 \cdot \left(\frac{\Delta t}{66,5} \right)^k \quad (4)$$

- unde: Δt reprezintă diferența medie logaritmică de temperatură reală la care funcționează instalația de încălzire (de regulă $90/70 \text{ }^\circ\text{C}$);
 k - coeficient a cărei valoare depinde de tipul instalației de încălzire (pentru radiatoare din fontă $k = 1,33$).

Calculul sarcinii termice a consumatorilor rezidențiali și terțiari pentru încălzire

Considerăm un apartament convențional, mediu, care în condițiile Republicii Moldova are 2,5 camere și este locuit de 2,5 persoane. Cunoscând că populația cartierului rezidențial considerat este de 3000 persoane, putem determina numărul mediu de apartamente [3].

$$N_{ap.conv.} = 3000 : 2,5 = 1200 \text{ ap.}$$

Deoarece cartierul considerat este amplasat într-o zonă climatică cu temperatura exterioară de calcul de $-16 \text{ }^\circ\text{C}$ și o viteză a vântului de $5,7$ m/s, valorile suprafeței specifice echivalente termic a corpurilor de încălzire necesită a fi corectată prin multiplicarea lor. Pentru aceasta introducem valorile cunoscute în formulele menționate anterior:

$$k = \frac{t_i^C - t_e^C}{35} \cdot \frac{E + (w^C)^{4/3}}{E + 5^{4/3}} = \frac{20 + 16}{35} \cdot \frac{30 + 5,7^{4/3}}{30 + 5^{4/3}} = 1,072$$

Deoarece locuințele existente în localitatea considerată nu sunt energo eficiente, considerăm $S_{ech.conv.} = 12 \text{ m}^2 / \text{ap}$, iar ulterior corectăm această valoare multiplicând-o cu $1,072$.

$$S_{ech.0} = S_{ech.conv.} \cdot 1,072 = 12 \cdot 1,072 = 12,864 \text{ m}^2 / \text{ap}$$

$$S_{\Sigma ech} = N_{ap.conv.} \cdot S_{ech.0} = 1200 \cdot 12,864 = 15436,8 \text{ m}^2 / \text{ap}$$

Determinăm valoarea fluxului termic nominal transmis prin suprafața echivalentă. Admitem că valorile temperaturii de intrare și ieșire a agentului termic de încălzire vor fi de $90/70 \text{ }^\circ\text{C}$. Respectiv apare iarăși necesitatea de corecție a indicatorului. Pentru aceasta determinăm diferența medie logaritmică de temperatură.

$$\Delta t_{\max} = 90 - (-16) = 106 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\min} = 70 - 20 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\log} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \left(\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} \right)} = \frac{106 - 50}{\ln \left(\frac{106}{50} \right)} = 74,52 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$q_0^C \cong 525 \cdot \left(\frac{74,52}{66,5} \right)^{1,33} = 610,84 \text{ W} / \text{m}^2$$

Acum putem determina valorile fluxului termic necesar:

$$q_{i.rez.}^c = S_{\Sigma ech} \cdot q_0^c = 15436,8 \cdot 610,84 = 7,7 \text{ MW}$$

Acceptăm că sarcina termică pentru încălzire a consumatorilor termici terțiari reprezintă circa 10% din sarcina consumatorilor rezidențiali și determinăm sarcina termică totală anuală.

$$q_{i.ter.}^c = q_i^c \cdot 10\% = 7,7 \cdot 10\% = 0,77 \text{ MW}$$

$$Q_i^a = q_{i.rez.}^c + q_{i.ter.}^c = 7,7 + 0,77 = 8,47 \text{ MW}$$

Calculul sarcinii termice a consumatorilor rezidențiali și terțiari pentru prepararea apei calde de consum

Sursele de căldură centralizate trebuie să fie dimensionate ca să acopere consumul mediu de căldură necesar pentru alimentarea cu apă menajeră pe timp de iarnă. Cantitatea de căldură necesară pentru alimentarea cu apă caldă de consum q_{acc} se determină pe baza cantității de apă consumate G_{acc} și a diferenței dintre temperatura apei calde furnizate consumatorilor t_{acc} și temperatura apei reci care urmează a fi încălzită t_{ar} :

$$q_{acc} = G_{acc} \cdot c_p \cdot (t_{acc} - t_{ar}) \quad (5)$$

unde: k reprezintă cantitatea de căldură necesară pentru alimentarea cu apă caldă de consum;
 c_p - căldura specifică masică medie a apei între cele două temperaturi;
 G_{acc} - cantitatea de apă consumată;
 t_{acc}, t_{ar} - temperatura apei calde furnizate consumatorilor și temperatura apei reci care urmează a fi încălzită.

Temperatura apei calde furnizate consumatorilor t_{acc} depinde de natura consumatorilor, deci pentru scopuri sanitare este suficientă o temperatură a apei de circa $35 \div 40$ °C, iar pentru bucătăriei $50 \div 60$ °C. Normativele din țara noastră stabilesc că temperatura apei calde furnizate este egală cu $55 (\pm 5)$ °C. Valori mai mari ale temperaturii apei calde de consum ar reduce volumul instalațiilor de acumulare, ar conduce la debite mai mici de agent termic de transport, dar în același timp ar crește riscul depunerilor de coroziune și piatră pe suprafețele de schimb de căldură și conductele de transport. În cazul surselor de cogenerare echipate cu turbine cu abur, creșterea temperaturii apei calde de consum are și efecte energetice negative, reducând producția de energie electrică pe timpul verii.

Temperatura apei reci t_{ar} depinde de sursa de apă și de anotimp, având valori între $+5$ °C (iarna) și $+15$ °C (vara), ca valoare medie anuală se consideră valoarea de $+10$ °C.

Debitul mediu de apă caldă de consum se determina prin relația:

$$G_{acc} \cong n_l \cdot N_{ap.conv.} \cdot \frac{G_{z,i}}{\tau} \quad (6)$$

unde: G_{acc} reprezintă debitul mediu de apă caldă de consum;
 n_l - numărul de locatari dintr-un apartament convențional;
 $G_{z,i}$ - consumul zilnic de apă caldă pentru o persoană în l/pers. zi (cca. $60 \div 110$ l/pers. zi);
 τ - durata zilnică de alimentare cu apă caldă de consum în h/zi ($17 \div 24$ h/zi).

Consumul anual de căldură pentru prepararea apei calde de consum se determină în felul următor:

$$Q_{acc}^a = q_{acc}^{md,i} \cdot \tau_i + q_{acc}^{md,v} \cdot \tau_v \quad (7)$$

unde: Q_{acc} reprezintă debitul mediu de apă caldă de consum;
 $q_{acc}^{md,i}, q_{acc}^{md,v}$ consumul mediu de căldură pentru prepararea apei calde de consum iarna, respectiv vara;
 τ_i, τ_v - durata perioadei de iarna, respectiv de vară. Aceste durate sunt corelate prin relația:
 $\tau_{acc} = \tau_i + \tau_v = 8760 - 24 \cdot \tau_{rev}^z$

În continuare introducem datele cunoscut în formulele considerate. Acceptăm durata în zile a perioadei de revizie/reparații a elementelor sistemului de alimentare cu căldură $\tau_{rev}^z = 30$ zile/an.

$$\begin{aligned}\tau_{acc} &= 8760 - 24 \cdot \tau_{rev}^z = 8760 - 24 \cdot 30 = 8040 \text{ h / an} \\ \tau_{acc} &= \tau_i + \tau_v = 166 \cdot 24 + (8040 - 166 \cdot 24) \Rightarrow \tau_i = 3984 \text{ h / an}; \tau_v = 4056 \text{ h / an} \\ G_{acc} &\cong n_l \cdot N_{ap.conv.} \cdot \frac{G_{z,i}}{\tau} = 2,5 \cdot 1200 \cdot \frac{80}{24} = 10000 \text{ l / h} \\ q_{acc}^{md,i} &= G_{acc} \cdot c_p \cdot (t_{acc} - t_{ar}^i) = \frac{10000}{3600} \cdot 4186,8 \cdot (55 - 5) = 584,94 \text{ kW} \\ q_{acc}^{md,v} &= G_{acc} \cdot c_p \cdot (t_{acc} - t_{ar}^v) = \frac{10000}{3600} \cdot 4186,8 \cdot (55 - 15) = 465,55 \text{ kW} \\ Q_{acc}^a &= q_{acc}^{md,i} \cdot \tau_i + q_{acc}^{md,v} \cdot \tau_v = 584,94 \cdot 3984 + 465,55 \cdot 4056 = 4218,67 \text{ MWh} \\ q_{acc} &= Q_{acc}^a / \tau_{acc} = 4218,67 / 8040 = 0,525 \text{ MW}\end{aligned}$$

Acceptăm sarcina termică necesară pentru prepararea apei calde menajere pentru consumatorii termici terțiari de circa 10% din sarcina consumatorilor rezidențiali:

$$q_{acc.ter.} = q_{acc} \cdot 10\% = 0,525 \cdot 10\% = 0,0525 \text{ MW}$$

Astfel sarcina termică totală anuală care trebuie să o asigure centrala noastră pentru apa caldă de consum reprezintă:

$$Q_{acc}^a = q_{acc.rez.} + q_{acc.ter.} = 0,525 + 0,0525 = 0,5775 \text{ MW}$$

Determinarea pierderilor de căldură în rețelele termice de transport și distribuție

Pierderile de căldură anuale sunt estimate în funcție de cantitatea de căldură totală livrată anual către consumatori. Valoarea acestora poate varia între 10÷15% din cantitatea de căldură totală livrată pentru încălzire și circa 4% pierderi în cazul apei calde menajere. Din cauza eficienței energetice scăzute a rețelelor în țară, admitem valoarea pierderilor de căldură pentru încălzire în rețeaua termică de transport și distribuție de 15%.

$$\Delta Q^a = 15\% \cdot Q_i^a + 4\% \cdot Q_{acc}^a \quad (8)$$

unde: ΔQ^a reprezintă pierderile de căldură în rețelele termice de transport și distribuție;

Q_i^a - sarcina termică anuală pentru încălzire;

Q_{acc}^a - sarcina termică anuală pentru apa caldă de consum.

$$\Delta Q^a = 15\% \cdot Q_i^a + 4\% \cdot Q_{acc}^a = 15\% \cdot 8,47 + 4\% \cdot 0,5775 = 1,2936 \text{ MW}$$

Sarcina termică maximă anuală a centralei o determinăm prin formula următoare:

$$Q^a = Q_i^a + Q_{acc}^a + \Delta Q^a = 8,47 + 0,5775 + 1,2936 = 10,3411 \approx 10,34 \text{ MW} .$$

Concluzii

Astfel, putem menționa că metodologia de calcul a necesarului de căldură pentru încălzire, bazată pe aplicarea suprafețelor termice echivalente este una relevantă, simplificată și potrivită în cazul determinării sarcinii termice pentru un sector rezidențial ce ar urma să fie racordat la un sistem de alimentare centralizată cu energie termică, în special pentru cazurile în care nu cunoaștem consumurile exacte ale cartierului.

Referințe

Cărți:

1. MINCIUC E., DUMITRESCU I.S., *Alimentarea cu căldură a unui oraș - Îndrumar de proiect*, București.
2. Standard Român 11 894/1983

Teze:

3. APOSTOL I., *Proiectarea unui sistem de alimentare centralizată cu energie termică pentru or. Strășeni, bazat pe utilizarea surselor regenerabile, Chișinău, Republica Moldova, 2020*