

Nové pravidlá výpočtu šírenia tepla v technických zariadeniach budov – 1. časť

New trends in calculation of heat transfer in technical equipment of buildings – Part 1

Doc. Ing. Jana PERÁČKOVÁ, PhD.,
Slovenská technická univerzita,
Stavebná fakulta Bratislava
Katedra technických zariadení budov

Problém izolace potrubí se dostává do popředí zájmu naší odborné veřejnosti. Není to jen v souvislosti s vyhláškou 151/2001 Sb., která klade na izolace potrubí zvýšený důraz ale i v souvislosti s trvalým tlakem na hospodaření s energií. Dvoudílný článek nás seznámí s používanými metodami a způsoby výpočtu tohoto fyzikálního jevu z teoretického i praktického hlediska s ohledem na platné evropské normy.

Klíčová slova: Tepelná izolace potrubí, prostup tepla, úspory energie, evropské normy

Recenzent
Ing. Karel Kabele, CSc.

The problem of piping insulation comes to the limelight of our professional public interest. It is not only in connection with the Regulation No. 151/2001 Coll. which puts increased stress on piping insulation but also in connection with permanent pressure on economical use of energy. The two-part article will make us acquainted with used methods and ways of calculation of this physical phenomenon from the theoretical and practical points of view with regard to valid European standards.

Key words: thermal insulation of piping, heat transfer, energy savings, European standards

Európska norma EN ISO 12241 (Thermal insulation for building equipment and industrial installations. Calculation rules) nadobudla platnosť v Českej republike v júni 1999 ako **ČSN EN ISO 12241 (72 7006): Tepelné izolace pro technická a technologická zařízení staveb – Pravidla výpočtu**. V Slovenskej republike nadobudla platnosť v apríli 2001 ako **STN EN ISO 12241 (73 0556): Tepelná izolácia technických zariadení budov a priemyselných prevádzok. Výpočtové pravidlá**.

Stanovuje pravidlá výpočtu šírenia tepla v technických zariadeniach budov a v priemyselných prevádzkach predovšetkým za podmienky stacionárneho jednorozmerného tepelného toku. Česká a slovenská mutácia prebratej európskej normy je takmer identická a ani národné poznámky sa nedotýkajú odbornej náplne, ktoré v tomto príspevku analyzujem.

Výpočty všeobecne

Výpočtové postupy týkajúce sa vedenia tepla vychádzajú bezprostredne z Fourierovho zákona o vedení tepla, takže medzinárodná zhoda je len otázkou matematického preskúšania. Pre prúdenie a sálanie však v praktickom používaní nie sú žiadne presné postupy, ktoré by boli priamo matematicky odvoditeľné z Newtonovho zákona o ochladzovaní alebo Stefanovho-Boltzmannovho zákona o sálaní tepla bez určitých empirických prvkov. Predovšetkým pri prúdení sa na základe laboratórnych údajov boli v rozličných krajinách vyvinuté rozličné rovnice, pričom neexistuje žiaden presný postup, ako určiť jednu z nich ako nesporne správnu. V rámci uvedených hraníc je možné používať tieto výpočtové postupy na riešenie väčšiny problémov šírenia tepla pri tepelnej ochrane v TZB.

Rovnice výpočtových postupov si vyžadujú, aby mnohé veličiny boli známe, vopred dané, predpokladané alebo namerané. *Vo všetkých prípadoch závisí presnosť výsledkov od presnosti vstupných veličín.* Treba zdôrazniť, že výpočty stacionárnych stavov závisia od okrajových podmienok. Riešenie, vychádzajúce z presne definovaných okrajových podmienok často nie je dostatočné na to, aby popisalo prevádzkový systém pracujúci počas meniacich sa teplôt okolia (napr. zariadenia v celoročnej prevádzke, na voľnom priestranstve a pod.). V takýchto prípadoch je zvyčajne najlepšie použiť miestne meteorologické údaje za celý rok a výpočet urobiť podľa tejto normy na základe priemerných ročných hodnôt alebo ročných extrémnych hodnôt (v závislosti od typu daného problému).

Väčšina povrchov priemyselných izolácií prenášajúcich teplo nie je izotermálna, t.j. nevykazuje rovnomerné rozloženie teplôt na povrchovej ploche, ale nerovnomerný teplotný profil. Z toho vyplýva potreba rozsiahlych výpočtov na vyjadrenie rozloženia teplôt na danom povrchu.

Okrem toho závisí tepelný tok prechádzajúci cez povrchovú plochu v každom bode od celého radu premenných, ktoré priamo nesúvisia s kvalitou tepelnej izolácie, ako napr. teplota prostredia, pohyb vzduchu, drsnosť a emisivita povrchovej plochy prenášajúca teplo a sálavá výmena s okolitými plochami (s čím sú často spojené veľké rozdiely). Na výpočet tvorby vodného kondenzátu je významným faktorom aj relatívna vlhkosť vzduchu.

V norme sa používajú nové označenia veličín podľa STN EN ISO 7345 Tepelná izolácia – Fyzikálne veličiny a definície, platná od októbra 1998.

1. ZÁKLADNÉ ROVNICE ŠÍRENIA TEPLA

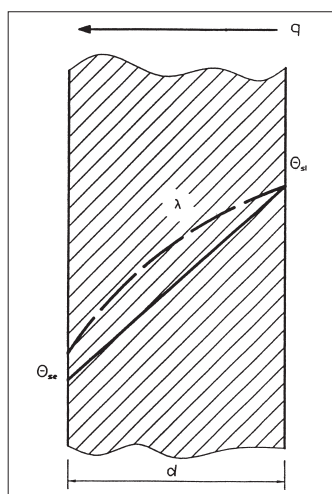
Rovnice uvedené v norme platia len pri *stacionárnom šírení tepla*, t.j. keď teploty zostávajú v skúmanej látke všade v čase konštantné.

Jednoduché vzťahy pre vedenie tepla je možné odvodiť len pre niektoré tvary stien. Sú to steny, pri ktorých je tepelný tok v priamkových prúdniciach kolmých všade k povrchovým plochám, pričom majú tieto povrchy vo všetkých miestach rovnakú teplotu. Týmto podmienkam vyhovuje:

- rovinná stena,
- valcová stena,
- guľová stena.

Rovinná, valcová alebo guľová stena môže byť jednoduchá (jednovrstvová), ak je vytvorená jednou homogénnou vrstvou hmoty, alebo zložená (viacvrstvová), ak sa skladá z viacerých vrstiev rôznych fyzikálnych vlastností.

Tepelná vodivosť popisuje molekulárne šírenie tepla v pevných telesách, tekutinách a plynch v závislosti od teplotného spádu. V izolačnej vrstve sa teplota mení od najvyššej na jednom povrchu k najnižšej na druhom povrchu. Mení sa tým aj tepelná vodivosť, ktorá je v každom bode hrúbky steny rôzna. Vo vzťahoch sa uvažuje súčiniteľ tepelnej vodivosti λ pre strednú teplotu:



Obr. 1 Priebeh teplôt v jednovrstvovej rovinatej stene – Pozn. Priamka vyznačuje zanedbateľnú, čiarkovaná čiara silnú závislosť λ od teploty.

$$\Theta_{av} = \frac{\Theta_{si} - \Theta_{se}}{2} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

kde Θ_{av} je stredná (vzťažná) teplota izolačnej vrstvy $[^{\circ}\text{C}]$
 Θ_{si} – teplota na vnútornom povrchu $[^{\circ}\text{C}]$
 Θ_{se} – teplota na vonkajšom povrchu $[^{\circ}\text{C}]$

1.1 Šírenie tepla v jednovrstvovej rovinatej stene

Vo všeobecnosti je výpočtový súčiniteľ tepelnej vodivosti závislý od teploty (čiarkovaná čiara na obr. 1).

Pri výpočte sa predpokladá, že teplotný spád existuje len v jednom smere, a tak teplota kolmo na teplotný spád je konštantná. Pre hustotu tepelného toku q v rovinatej stene v smere x platí známa Fourierova rovnica:

$$q = -\lambda \cdot \frac{d\Theta}{dx} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}] \quad (2)$$

$$\text{Pre jednu vrstvu platí } q = \frac{\lambda}{d} \cdot (\Theta_{si} - \Theta_{se}) \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}] \quad (3)$$

$$\text{alebo } q = \frac{\Theta_{si} - \Theta_{se}}{R} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}] \quad (3a)$$

kde λ – súčiniteľ tepelnej vodivosti látky, vo $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$;
 d – hrúbka rovinatej steny, v m;
 Θ_{si} – teplota na vnútornom povrchu, v $^{\circ}\text{C}$;
 Θ_{se} – teplota na vonkajšom povrchu, v $^{\circ}\text{C}$;
 R – tepelný odpor steny, v $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.

1.2 Šírenie tepla vo viacvrstvovej rovinatej stene

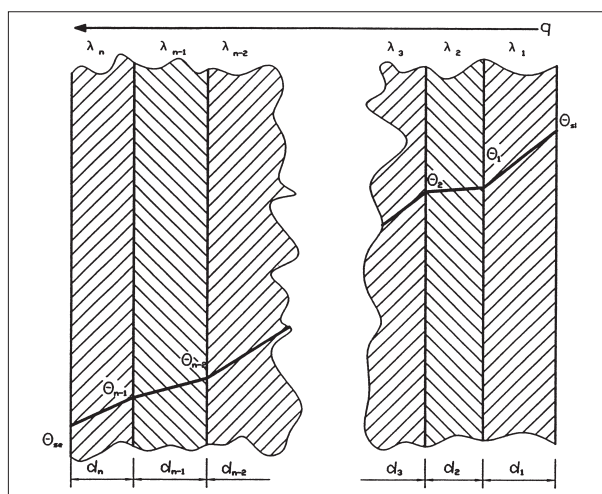
Pre hustotu tepelného toku q vo viacvrstvovej stene (obr. 2) platí:

$$q = \frac{\Theta_{si} - \Theta_{se}}{R} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}] \quad (4)$$

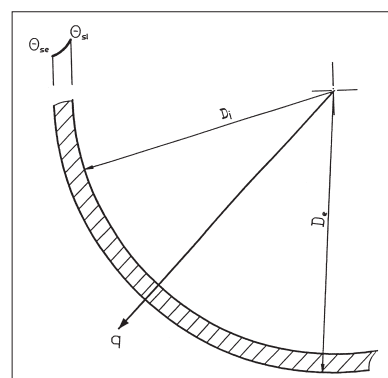
pričom R je tepelný odpor viacvrstvovej steny:

$$R = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} \quad [\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}] \quad (5)$$

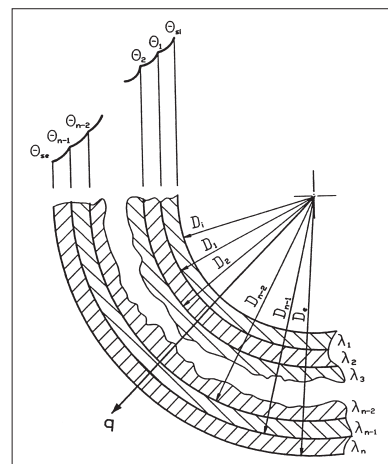
Poznámka: Apostrof označuje viacvrstvé usporiadanie.



Obr. 2 Priebeh teplôt vo viacvrstvovej rovinatej stene



Obr. 3 Priebeh teplôt v jednovrstvom dutom valci



Obr. 4 Priebeh teplôt vo viacvrstvom dutom valci

1.3 Šírenie tepla v jednovrstvom dutom valci

Pre lineárnu hustotu tepelného toku q v jednovrstvom dutom valci (obr. 3) platí:

$$q_l = \frac{\Theta_{si} - \Theta_{se}}{R_l} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-1}] \quad (6)$$

a zároveň R_l je lineárny tepelný odpor jednovrstvového dutého valca:

$$R_l = \frac{\ln \frac{D_e}{D_i}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \quad [\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}] \quad (7)$$

Pritom je:

D_e – vonkajší priemer vrstvy, v m;
 D_i – vnútorný priemer vrstvy, v m.

1.4 Šírenie tepla vo viacvrstvom dutom valci

Pre viacvrstvý dutý valec (obr. 4) platí:

$$q_l = \frac{\Theta_{si} - \Theta_{se}}{R_l} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-1}] \quad (8)$$

Pritom je:

$$R_l = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{\lambda_j} \cdot \ln \frac{D_{ej}}{D_{ij}} \right) \quad [\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}] \quad (9)$$

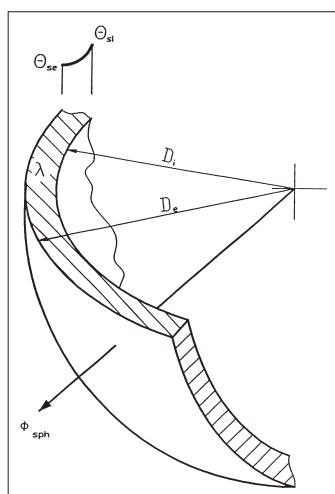
a zároveň $D_0 \equiv D_i$ a $D_n \equiv D_e$.

1.5 Šírenie tepla v jednovrstvovej stene dutej gule

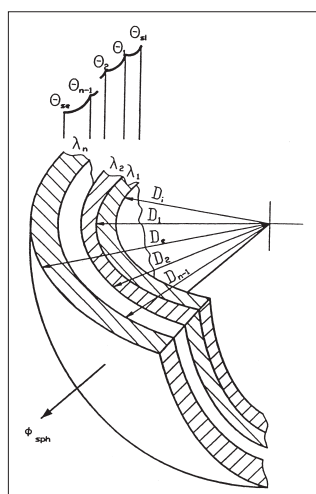
Tepelný tok cez jednovrstvovú stenu dutej gule je:

$$\Theta_{sph} = \frac{\Theta_{si} - \Theta_{se}}{R_{sph}} \quad [\text{W}] \quad (10)$$

R_{sph} je celkový tepelný odpor jednovrstvovej steny dutej gule v $\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.



Obr. 5 Priebeh teplôt v jednovrstvovej stene dutej gule



Obr. 6 Priebeh teplôt vo viacvrstvovej stene dutej gule

$$R_{sph} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \left(\frac{1}{D_i} - \frac{1}{D_e} \right) \quad [\text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (11)$$

Pričom:

- D_e – vonkajší priemer vrstvy, v m;
- D_i – vnútorný priemer vrstvy, v m.

1.6 Šírenie tepla vo viacvrstvovej stene dutej gule

Teplný tok cez viacvrstvomú stenu dutej gule (obr. 6) je:

$$\Theta_{sph} = \frac{\Theta_{si} - \Theta_{se}}{R_{sph}} \quad [\text{W}] \quad (12)$$

Pritom:

$$R_{sph} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sum_{j=1}^n \frac{1}{\lambda_j} \left(\frac{1}{D_{j-1}} - \frac{1}{D_j} \right) \quad [\text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (13)$$

a zároveň $D_0 \equiv D_i$ a $D_n \equiv D_e$.

1.7 Šírenie tepla cez stenu kanála pravouhlého prierezu

Teplný tok cez stenu kanála pravouhlého prierezu (obr. 7) sa vypočíta podľa:

$$q_d = \frac{\Theta_{si} - \Theta_{se}}{R_d} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (14)$$

Lineárny tepelný odpor steny takéhoto kanála sa dá vypočítať týmto spôsobom:

$$R_d = \frac{2 \cdot d}{\lambda \cdot (P_e + P_i)} \quad [\text{m} \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (15)$$

Pritom:

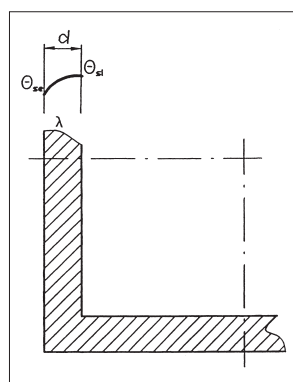
- P_i – vnútorný obvod prierezu kanála, v m;
- P_e – vonkajší obvod prierezu kanála, v m;
- d – hrúbka izolačnej vrstvy, v m.

$$P_e = P_i + 8 \cdot d \quad (15a)$$

1.8 Súčiniteľ prestupu tepla

Pre súčiniteľ prestupu tepla h platí:

$$h = h_r + h_{cv} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}] \quad (16)$$



Obr. 7 Priebeh teplôt v stene kanála s pravouhlým prierezom

h_r sa vypočíta:

$$h_r = a_r \cdot C_r \quad [\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}] \quad (17)$$

a_r je teplotný faktor, ktorý sa vypočíta z rovnice

$$a_r = \frac{T_1^4 - T_2^4}{T_1 - T_2} \quad [\text{K}^3] \quad (18)$$

Tento faktor sa môže priblížiť až k teplotnému rozdielu 200 K podľa vzťahu

$$a_r \approx 4 \cdot T_{av}^3 \quad [\text{K}^3] \quad (18a)$$

Pritom je:

- T_{av} – veľkosť 0,5 · (povrchová teplota + teplota okolia alebo teplota protiahleho sálavého povrchu), v K;
- C_r – súčiniteľ sálania, vo $\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-4}$. ($C_r = e \cdot \sigma$),

kde Stefanova-Boltzmannova konštanta

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-4}] \quad (19)$$

1.8.2 Podiel prúdenia na celkovej hodnote súčiniteľa prestupu tepla – h_{cv}

Pri prúdení sa musí rozlišovať medzi súčiniteľmi prestupu tepla vo vnútri budov a na voľnom priestranstve. Pri potrubiach a zásobníkoch existuje okrem toho rozdiel medzi súčiniteľom prestupu tepla na vnútornej strane, h_i , a súčiniteľom prestupu tepla na vonkajšej strane, h_{se} .

Súčiniteľ prestupu tepla h_{cv} vnútri budov:

Vo vnútri budov sa môže h_{cv} vypočítať pre rovné zvislé steny a zvislé potrubia pri voľnom laminárnom prúdení ($H^3 \cdot \Delta\theta \leq 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K}$) podľa rovnice

$$h_{cv} = 1,32 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta\theta}{H}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}] \quad (19a)$$

Pritom je:

$$\Delta\theta = |\Theta_{se} - \Theta_a|, \text{ v K,}$$

a zároveň:

- Θ_{se} – povrchová teplota steny, v °C;
- Θ_a – teplota okolitého vzduchu v rámci budovy, v °C;
- H – výška steny alebo priemer potrubia, v m.

Pre zvislé rovné steny, zvislé potrubia a s určitou približnosťou pre veľké guľovité tvary vo vnútri budov je podiel prúdenia, h_{cv} , pri voľnom turbulentnom prúdení ($H^3 \cdot \Delta\theta > 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K}$):

$$h_{cv} = 1,74 \cdot \sqrt[3]{\Delta\theta} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (19b)$$

Pre vodorovné potrubia vo vnútri budov je h_{cv} dané ako
 – pre laminárny vzdušný prúd ($D_e^3 \cdot \Delta\theta \leq 10 \text{ m}^3\cdot\text{K}$)

$$h_{cv} = 1,25 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta\theta}{D_e}} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (19c)$$

– pre turbulentný vzdušný prúd ($D_e^3 \cdot \Delta\theta > 10 \text{ m}^3\cdot\text{K}$)

$$h_{cv} = 1,21 \cdot \sqrt[3]{\Delta\theta} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (19d)$$

Súčiniteľ prestupu tepla h_{cv} mimo budov:

Pre zvislé rovné steny mimo budov a s určitou približnosťou pre veľké guľovité tvary sa vypočíta podiel prúdenia, h_{cv} , celkovej hodnoty súčiniteľa prestupu tepla ako:

– pre laminárny vzdušný prúd ($v \cdot H \leq 8 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$)

$$h_{cv} = 3,96 \cdot \sqrt{\frac{v}{H}} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (19e)$$

– pre turbulentný vzdušný prúd ($v \cdot H > 8 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$)

$$h_{cv} = 5,76 \cdot \sqrt[5]{\frac{v^4}{H}} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (19f)$$

Pre vodorovné a zvislé potrubia mimo budov platia nasledovné rovnice:

– pre laminárny vzdušný prúd ($v \cdot D_e \leq 8,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$)

$$h_{cv} = \frac{8,1 \cdot 10^{-3}}{D_e} + 3,14 \cdot \sqrt{\frac{v}{D_e}} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (19g)$$

– pre turbulentný vzdušný prúd ($v \cdot D_e > 8,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$)

$$h_{cv} = 8,9 \cdot \frac{v^{0,9}}{D_e^{0,1}} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (19h)$$

D_e – vonkajší priemer izolácie, v m;
 v – rýchlosť vetra, v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

V podmienkach bezvetria môžeme používať na stanovenie súčiniteľa prestupu tepla pri výpočte povrchovej teploty stien a potrubí rovnice (19a) až (19d) namiesto rovníc (19e) až (19h).

Tab. 1 uvádza výber rovníc na výpočet h_{cv} .

Tab. 1 Stanovenie súčiniteľa prestupu tepla h_{cv}

Usporiadanie	Steny			
	zvislé		vodorovné	
	laminárne	turbulentné	laminárne	turbulentné
Vo vnútri budov	19a	19b	1)	1)
Mimo budov	19e	19f	19e	19f
Usporiadanie	Potrubia			
	zvislé		vodorovné	
	laminárne	turbulentné	laminárne	turbulentné
Vo vnútri budov	19a	19b	19c	19d
Mimo budov	19g	19h	19g	19h

¹⁾ Vo väčšine praktických prípadov nie je rozhodujúci.

Tieto rovnice na výpočet podielu prúdenia na súčiniteli prestupu tepla na vonkajšej strane platia pri šírení tepla medzi povrchmi a okolitým vzduchom vo vnútri budov pri teplotných rozdieloch $\Delta T < 100 \text{ K}$.

1.8.3 Výpočet súčiniteľa prestupu tepla h_{se} na vonkajšej strane

Na výpočet súčiniteľa prestupu tepla na vonkajšej strane h_{se} sa môžu vo vnútri budov použiť tieto rovnice:

Pre vodorovné potrubia je

$$h_{se} = C_A + 0,05 \cdot \Delta\theta \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (20)$$

Pre zvislé potrubia a steny je

$$h_{se} = C_B + 0,09 \cdot \Delta\theta \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (21)$$

Pri výpočte sa použijú koeficienty podľa tab. 2.

Rovnice (20) a (21) sa môžu použiť pre vodorovné potrubia v rozsahu od $D_e = 0,25 \text{ m}$ do $D_e = 1,0 \text{ m}$ a pri zvislých potrubíach pre všetky priemery.

Tab. 2 Koeficienty C_A a C_B na stanovenie celkového súčiniteľa prestupu tepla na vonkajšej strane

Typ povrchu	C_A	C_B	ϵ	$C_r \cdot 10^{-8}$ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$]
Hliníkový plech, valcovaný	2,5	2,7	0,05	0,28
Hliníkový plech, oxidovaný	3,1	3,3	0,13	0,74
Pozinkovaný ocelový plech, číry	4,0	4,2	0,26	1,47
Pozinkovaný ocelový plech, poprášovaný	5,3	5,5	0,44	2,49
Austenitická oceľ	3,2	3,4	0,15	0,85
Hliníkovo-zinkový plech	3,4	3,6	0,18	1,02
Nekovové povrchy	8,5	8,7	0,94	5,33

Pre valcovité kanály s priermi pod $0,25 \text{ m}$ sa podiel prúdenia na súčiniteli prestupu tepla na vonkajšej strane môže vypočítať s dobrým približením podľa rovnice (19c). Pre väčšie priemery, t.j. $D_e > 0,25 \text{ m}$, sa môže použiť rovnica pre rovné steny (19a). Presnosť je vždy 5 % pre priemery $D_e > 0,4 \text{ m}$ a 10 % pre priemery $0,25 < D_e < 0,4 \text{ m}$.

Rovnica (19a) sa používa aj pre kanály s pravouhlým prierezom, ktoré majú šírku a výšku približne rovnakej veľkosti.

1.9 Tepelný odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane

Prevrátená hodnota súčiniteľa prestupu tepla na vonkajšej strane, h_{se} , je odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane. Pre rovné steny je odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane, R_{se} , v $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$, daný rovnicou

$$R_{se} = \frac{1}{h_{se}} \quad [\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}] \quad (22)$$

Pre izolácie potrubí sa lineárny odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane, R_{ie} , získa podľa rovnice:

$$R_{ie} = \frac{1}{h_{ie} \cdot \pi \cdot D_e} \quad [\text{m}\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}] \quad (23)$$

Pre duté guľovité tvary sa odpor pri prestupe tepla, $R_{sph\ e}$, získa podľa rovnice

$$R_{sph\ e} = \frac{1}{h_{se} \cdot \pi \cdot D_e^2} \quad [\text{K}\cdot\text{W}^{-1}] \quad (24)$$

1.10 Súčiniteľ prechodu tepla

Súčiniteľ prechodu tepla U sa vypočíta podľa rovnice

$$U = \frac{q}{\theta_i - \theta_a} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (25)$$

Pre rovné steny sa súčiniteľ prechodu tepla U vypočíta podľa rovnice

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + R + \frac{1}{h_{se}} = R_{si} + R + R_{se} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (26)$$

Pre izolácie potrubí sa lineárny súčiniteľ prechodu tepla U_l vypočíta podľa rovnice

$$\frac{1}{U_l} = \frac{1}{h_i \cdot \pi \cdot D_i} + R_l + \frac{1}{h_{se} \cdot \pi \cdot D_e} = R_{li} + R_l + R_{le} \quad [\text{m} \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (27)$$

Pre duté guľovité tvary sa získa súčiniteľ prechodu tepla U_{sph} podľa rovnice

$$\frac{1}{U_{sph}} = \frac{1}{h_i \cdot \pi \cdot D_i^2} + R_{sph} + \frac{1}{h_{se} \cdot \pi \cdot D_e^2} \quad [\text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (28)$$

Odpor pri prestupe tepla, R_{si} , v potrubíach s prúdiacimi látkami je (predovšetkým v prípadoch, ktoré sa tu berú do úvahy) malý a môže sa zanedbať. Pre súčiniteľ prestupu tepla na vonkajšej strane, h_{se} , platia rovnice (20) a (21). Pri kanáloch sa má takisto použiť súčiniteľ prestupu tepla na vnútornej strane.

Obrátená hodnota súčiniteľa prechodu tepla U je pri rovných stenách odpor pri prechode tepla R_T , a pri izoláciách potrubí celkový lineárny tepelný odpor, R_{Tl} , resp. $R_{T sph}$ pre duté guľovité tvary.

Súčiniteľ prechodu tepla kanála pravouhlého prierezu sa dá určiť podľa rovnice (26), ak sa R nahradí R_d (pozri rovnicu 15).

Kontakt na autorku: perackov@svf.stuba.sk

Koniec 1. časti, dokončení v ďalšom čísle VVI.

* Využívanie zemného tepla na postupu

V SRN je zaznamenávaný vzestup využívania zemného tepla v obytných domech. Zemné teplo proniká ako alternatíva vytápění. V r. 2002 má byť 8000 až 10 000 novostaveb vybaveno zariadeniami s tepelnými čerpadlami se zemními sondami.

V súčasnej dobe je v tomto smere vedúcou Švédsko, kde jde dokonce asi o 40 % novostaveb. Podľa údajů Informačního centra pro tepelná čerpadla a chladicí techniku (IZW) v Hannoveru bylo v r. 2001 prodáno 8215 tepelných čerpadel a z toho asi 5400 se zemními sondami. V SRN vede podle statistiky země Severní Porýní-Vestfálsko, kde je největší sídliště se 130 domy vytápěno zemním teplem. Geologická služba Severního Porýní-Vestfálska vydala CD s daty o využitelnosti zemního tepla v rozsahu cca 70% povrchu této země. Vyšší pořizovací náklady na jmenovaná zařízení se amortizují za cca 7 až 10 let, protože jejich provoz je asi o polovinu levnější než olejové či plynové vytápění.

K optimalizaci systému zemní kolektor-tepelné čerpadlo, vyzkoušela nyní míšeňská firma Amotherm čpavek jako nosič tepla v zemních sondách. Hornorakouská M-Tec poprvé použila oxid uhličitý jako nosič tepla, což je z hlediska životního prostředí na pováženo. Vhodnost čpavku a CO₂ pro zařízení se zemními sondami zkoumá též výzkumné centrum pro tepelná čerpadla a chladicí techniku (FKW) v Hannoveru.

CCI 10/2002

(Ku)

* Používání mobilního telefonu a mozkové nádory

V letech 1994 až 1998 se uskutečnila v USA rozsáhlá studie, zaměřená na vztah mezi používáním mobilních telefonů a vznik nádorů mozku. První mobilní telefony se v USA objevily od roku 1984, k masivnějšímu rozšíření došlo v polovině 90. let a dnes se počet jejich uživatelů odhaduje na 92 milionů. (Na celém světě přes 500 milionů).

Do studie bylo zahrnuto 782 pacientů s různými nádory mozku ze tří nemocnic v Phoenixu, Bostonu a Pittsburgu. Kontrolní skupinu tvořil stejný počet pacientů těchto nemocnic bez nádorového mozkového nálezu – stavy po úrazech, cévní onemocnění aj.

Počet uživatelů mobilních telefonů byl v obou skupinách srovnatelný. Nebyl nalezen rozdíl ve frekvenci užívání mobilního telefonu, ve věku ani pohlaví a časových údajích. Nebyla nalezena shoda ve straně výskytu nádoru a převažující stranou hlavy, užívání k telefonování.

Z výsledků velmi podrobné studie (pacienti byli důkladně vyšetřeni a k ověření jejich údajů byly kontrolovány dokonce i jejich telefonní účty!) vyplývá, že na základě získaných poznatků nelze potvrdit vliv nízkenergetického elektromagnetického pole na vznik nádorových onemocnění mozku. Autoři jsou však opatrní a zdůrazňují, že negativní výsledky vztahují pouze k počátečnímu období užívání mobilů a nelze je zevšeobecňovat.

Inskip, P.D., Tarone, R.E., Hatch, E.E. a kol.: *Cellular-telephone use and brain tumours*. N. Engl. J. Med., 344, 2001, č.2, s. 79–86. (Laj)

* Největší knihkupectví se stavební literaturou – www.knihy.stavoprojekta.cz

Na uvedené internetové adrese lze nalézt rozsáhlou nabídku technické literatury z oblasti architektury, stavitelství, konstrukce, materiálů, stavebních výrobků, technických zařízení budov, osvětlení, rekonstrukcí a sanací, požární bezpečnosti, legislativy, ale i odborné slovníky a počítačovou literaturu. Vybrané tituly lze přímo on-line nakoupit.

Z aktuální nabídky vybíráme:

- Počinková – Trenová, ERA Brno, 2002, 140 Kč: Vytápění
- Houšková – Koubková, ČVUT Praha, 2002, 135 Kč: Technická zařízení budov
- Pešek – Luňáček, SČMBD + ČKAIT, 2002, 368 Kč: Teplo. Vytápění a užitková voda
- Dufka, Grada, 2002, 97 Kč: Větrání a klimatizace domů a bytů
- Řezníčková – Maňák, Jaga Bratislava, 2002, 349 Kč: Materiály a technické vybavení současného interiéru
- CTI ČR Brno, 1996, 145 Kč: Tepelné soustavy
- CTI ČR Brno, 1998, 242 Kč: Regulace ve vytápění
- Valenta – Vybíral – Mrázek, CTI ČR Brno, 1999, 242 Kč: Modernizace tepelných soustav v bytových objektech
- CTI ČR Brno, 2002, 95 Kč: Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění
- Cihlář, CERM Brno, 1995, 126 Kč: Vzduchotechnika
- Čuprová – Mohelníková, CERM Brno, 2002, 63 Kč: Denní osvětlení budov.

(Laj)

* Veletržní areál Letňany v 1. pololetí 2003

(výběr technicky zaměřených akcí)

- 6. 2. až 8. 2. For Habitat, Eco City (veletrh pro bydlení a životní prostředí)
- 19. 2. až 21. 2. Střechy (seminář fy Stav-invest)
- 13. 3. až 16. 3. Bazény (výstava bazénů a příslušenství)
- 1. 4. až 4. 4. Ampér (mezinárodní veletrh elektroniky a elektrotechniky)
- 23. 4. až 25. 4. Pragotrafic (výstava dopravního inženýrství)
- 13. 5. až 15. 5. Mach, Finet, Metal (veletrh strojírenských technologií)
- 26. 5. až 28. 5. Vodovody a kanalizace

(Pramen: www.pva.cz)

(Laj)