Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací

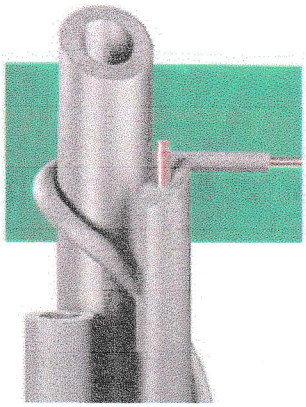
Tepelná ztráta potrubí kruhového průřezu je způsobena vedením tepla jednotlivými vrstvami potrubí a přestupem tepla do okolního prostředí. Její velikost ovlivňuje součinitel prostupu tepla válcovou stěnou (materiál trubky, materiál izolace, přestup tepla mezi povrchem potrubí a okolního prostředí), délka potrubí a rozdíl teploty média uvnitř potrubí a teploty v jeho okolí. Výpočet určuje také energetickou úsporu izolovaného potrubí a střední spotřebu izolace.

Izolace

– Vlastní hodnoty –

Rozměry izolace

Tloušťka	s_{iz} =	32	mm
Souč. tepelné vodivosti	λ_{iz} =	0.041	W / m K



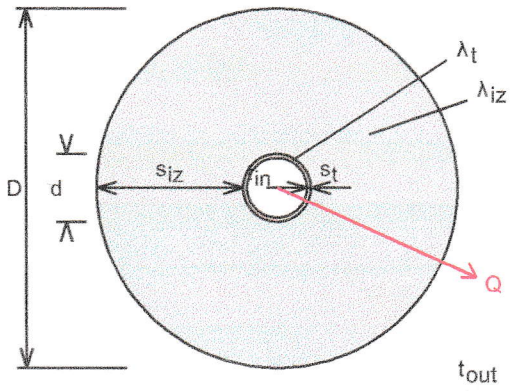
Trubka

Měď

Rozměry trubky - 15x1

Průměr	d =	15	mm
Tloušťka stěny	s_t =	1	mm
Souč. tepelné vodivosti	λ_t=	372	W / m K

Rozsah provozních teplot: není uveden



D = d + 2 s_{iz} = 79 mm

Potrubí

Teplota média	t_{in} =	70	°C
Teplota v okolí potrubí	t_{out} =	20	°C
Relativní vlhkost vzduchu	rh =	65	% ???
Teplota rosného bodu	t_w =	13.6	°C

Součinitel přestupu tepla

na vnějším povrchu	α_e =	10	W / m^2 K
Délka potrubí	l =	1	m

Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)

DN 10 - DN 15 **=> $U_{o,193/2007}$ = 0.15 W / m K**

Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí	**U_o = 0.146 ≤ 0.15 W / m K => VYHOVUJE po¾adavkùm vyhlá¹ky è. 193/2007**
Povrchová teplota izolovaného potrubí	**$t_{p,iz}$ = 22.9 °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci**
Tepelná ztráta potrubí bez izolace	**q_p = 23.6 W/m**
Tepelná ztráta potrubí s izolací	**q_{iz} = 7.3 W/m**
Energetická úspora izolovaného potrubí	**69 %**
Střední spotřeba izolace	**0.1477 m^2 - platí pro plo¹nou izolaci**

Teorie výpočtu tepelné ztráty potrubí

$$Q_{ztr} = U_o \cdot l \cdot (t_{in} - t_{out}) \qquad [W]$$

Tepelná ztráta potrubí kruhového průřezu je způsobena vedením tepla jednotlivými vrstvami potrubí a přestupem tepla do okolního prostředí. Její velikost ovlivňují

- součinitel prostupu tepla válcovou stěnou U_o
  - materiál trubky - minimálně
  - materiál izolace - podstatně
  - přestup tepla mezi povrchem potrubí a okolního prostředí α_e
- délka potrubí l
- rozdíl teploty média uvnitř t_{in} potrubí a teploty v jeho okolí t_{out}

Pro vyčíslení součinitele prostupu tepla válcovou stěnou U_o musíme znát

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot (d - 2 \cdot s_t)} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln \frac{d}{d - 2 \cdot s_t} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \qquad [W/mK]$$

Rozměry

- vnější průměr trubky d nebo vnitřní průměr trubky a tloušťku stěny s_t [m]
- průměr potrubí D nebo tloušťky jednotlivých vrstev potrubí (např. tloušťku izolace s_{iz}) [m]

Materiálové charakteristiky

- součinitel tepelné vodivosti λ pro jednotlivé vrstvy potrubí (trubka λ_t a izolace λ_{iz}) [W / m K]
  - závisí také na teplotě daného materiálu
  - lambda materiálu trubky je ve výpočtu uvažována jako konstanta
  - lambda materiálu tepelné izolace je vypočtena z rovnice teplotní závislosti daného materiálu a součinitele při teplotě 0 °C (hodnoty požadované vyhláškou č.193/2007 Sb. jsou udávány také pro 0 °C).
    Uvažovaná teplota, pro kterou je lambda vypočtena, je teplota uprostřed izolační vrstvy. Tato teplota je aritmetickým průměrem teploty média a teploty na povrchu izolace.
    Z důvodu zjednodušení probíhá výpočet pouze 2x. Při první iteraci je vypočtena povrchová teplota, z lambdy při teplotě 0 °C a při

druhém průběhu již výpočet uvažuje lambdu při teplotě uprostřed izolační vrstvy.
Pokud není výrobcem tepelné izolace stanovena jiná teplotní závislost, uvažujeme teplotní závislost součinitele tepelné vodivosti jako $\lambda(t) = \lambda_0 (1 + 0.0025 . t)$.
Zadáte-li vlastní součinitel tepelné vodivosti materiálu izolace, potom již nedochází k jeho přepočítání podle střední teploty a výpočet proběhne pouze jednou.

Veličiny

- součinitel přestupu tepla α_i mezi médiem a vnitřním povrchem trubky [W / m^2 K]
  - Při běžných výpočtech můžeme zanedbat, protože tepelný odpor při tomto přestupu tepla je relativně malý.
- součinitel přestupu tepla α_e mezi povrchem potrubí a okolního vzduchu [W / m^2 K]
  - Hodnota se mění v závislosti například na hustotě, tepelné vodivosti, měrné tepelné kapacitě okolního vzduchu, na typu proudění...
  - Vzhledem k tomu, že se jedná o komplikovaný výpočet, můžeme pro přibližné výpočty tepelné ztráty potrubí uvažovat hodnotu cca 10 W / m^2 K.

po zjednoduššení (zanedbáme-li tepelný odpor při přestupu tepla mezi médiem a stěnou trubky) dostaneme

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln \frac{d}{d - 2 \cdot s_t} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad [W/mK]$$

$$U_0 = \frac{3{,}14}{\frac{1}{2 \cdot 342} \cdot 1 \frac{0{,}015}{0{,}015 - 2 \cdot 0{,}001} + \frac{1}{2 \times 0{,}041} \cdot 1 \frac{0{,}079}{0{,}015} + \frac{1}{10 \cdot 0{,}079}}$$

Vyhláška č. 193/2007

Vyhláška č. 193/2007 stanovuje (s ur
součinitele prostupu tepla" v závislos

Určující součinitele prostupu tepla pro vnitřní rozvody

DN [mm]	U_O [W / m K]
DN 10 - DN 15	0.15
DN 20 - DN 32	0.18
DN 40 - DN 65	0.27
DN 80 - DN 125	0.34
DN 150 - DN 200	0.40

Pro vnitřní rozvody plastových a měděných potrubí se tloušťka tepelné izolace volí podle vnějšího průměru potrubí nejbližšího vnějšímu průměru potrubí řady DN.

Pro tepelné izolace rozvodů se použije materiál se součinitelem tepelné vodivosti λ u rozvodů menší nebo roven 0,045 W / m K a u vnitřních rozvodů menší nebo roven 0,040 W / m K (hodnoty λ jsou udávány při teplotě 0 °C), pokud to nevylučují bezpečnostně technické požadavky.
Plné znění Vyhlášky č. 193/2007

Autor výpočtové pomůcky: Ing. Reinberk Zdeněk