

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/2.2.00/28.0301 Středoevropské centrum pro vytváření a realizaci inovovaných technicko-ekonomických studijních programů

Vytápění

BT01 – TZB II - cvičení

Cvičení | 10: **Návrh expanzního zařízení**

Zadání

Pro kotelnu ze cvičení č. 9 navrhnete zabezpečování zařízení - určete velikost expanzní nádoby a navrhnete pojistné ventily.

Zároveň zkontrolujte velikost expanzní nádoby u zdroje tepla pro rodinný dům.

Výška otopné soustavy:	$10 + 0,2 \cdot n$	[m]
Objem vody v otopné soustavě:	$6 \cdot Q_{UT} + 20 \cdot n$	[l]
Maximální teplota otopné vody	80°C	
Výška manometrické roviny	cca 1 m	
(n... pořadové číslo; Q_{UT} ... výkon pro vytápění)		



Zabezpečovací zařízení je nezbytnou součástí každé otopné soustavy. Bez tohoto zařízení nemůže být uvedena soustava do provozu.

Expanzní nádoba

- Umožňuje změny objemu obsažené vody v soustavě vlivem tepelné objemové roztažnosti bez nedovoleného zvýšení tlaku a zbytečných ztrát otopné vody.
- **Velikost tlakové expanzní nádoby závisí na objemu vody v soustavě, teplotě topné vody, nejnižším a nejvyšším přetlaku v otopné soustavě.**
- Charakterizuje ji objem (obvyklé řady 8, 12, 18, 25, 35, 50, 80, 140, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000 ... litrů) a maximální dovolený pracovní tlak (obvyklé řady 3, 6, 10, 16, 25 barů).
- Každá expanzní nádoba je ve smyslu ČSN 690010 vyhrazené technické zařízení (tlaková nádoba) a musí být vybavena revizní knihou (podle ČSN 690012).
- Barva nádob bývá většinou červená.
- Před expanzní nádobu se instaluje uzavírací armatura se zajištěním v otevřené poloze a vypouštěcí armatura (důležitá pro servis, který je potom možné provádět za provozu a bez vypouštění soustavy.)

Pojistný ventil

- zabezpečuje soustavu proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku.
- Při překročení dovoleného přetlaku se PV otevře a přebytečný tlak se i s částí vody vypustí - tím se sníží tlak a ventil se opět uzavře. Vypuštěná voda se musí do soustavy doplnit.
- Pojistné zařízení je připojeno ke zdroji neuzavíratelně pojistným potrubím – v tzn. pojistném úseku (tj. část potrubí mezi zdrojem tepla a uzavírací armaturou)



Řešení

Výpočet tlakové expanzní nádoby se provádí podle **ČSN 06 0830 Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení** a stanovuje se ze zvětšení objemu vody v celé soustavě při jejím ohřátí z 10 °C na nejvyšší požadovanou teplotu vody v soustavě.

Expanzní objem

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n$$

V_o je objem vody v otopné soustavě (m³)

n koeficient tepelné roztažnosti

Koeficient roztažnosti se určuje pro teplotu vody, která se z 10°C ohřívá na maximální požadovanou teplotu v soustavě:

Δt_m	40	60	70	80	90
n	0,012	0,023	0,0295	0,035	0,044

Předběžný objem expanzní nádoby s membránou či vakem:

$$V_{ep} = \frac{V_e (p_{hp} + 100)}{(p_{hp} - p_d)}$$

kde

V_e je expanzní objem (m³)

p_{hp} předběžný nejvyšší provozní přetlak [kPa]

p_d nejnižší provozní přetlak [kPa]

p_h horní provozní přetlak [kPa]

p_{ddov} nejnižší dovolený provozní přetlak [kPa]

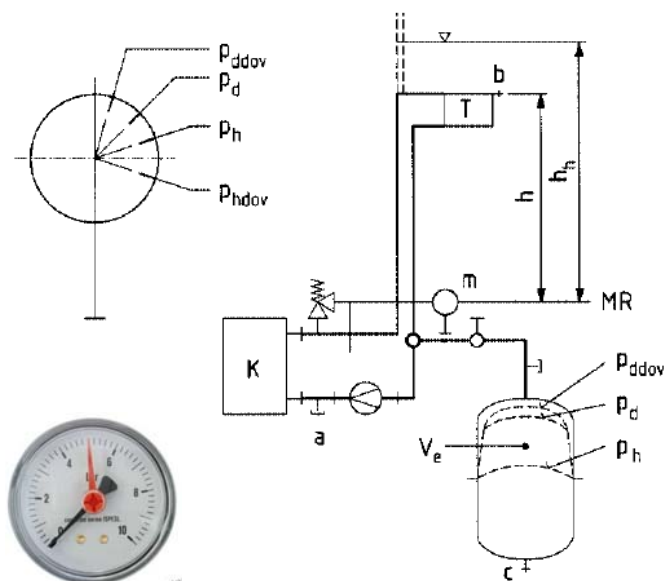
p_d nejnižší provozní přetlak – nejnižší hodnota provozního přetlaku [kPa]

p_h nejvyšší provozní přetlak [kPa]

p_{hdov} nejvyšší dovolený přetlak soustavy – přetlak, na který je nastaveno pojistné zařízení. U pojistného ventilu se rovná otevíracímu přetlaku p_{ot}

p_k je dán minimálním konstrukčním přetlakem jednotlivých prvků soustavy, vztaženým k manometrické rovině

MR manometrická rovina – vodorovná rovina, ke které jsou vztaženy údaje o přetlacích v otopné soustavě; do manometrické roviny se umísťují všechny manometry



$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} (+\Delta p_z)$$

$$p_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3})$$

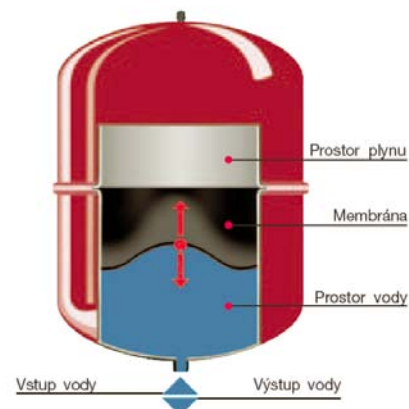
Δp_z – tlaková ztráta části soustavy mezi neutrálním a nejvyšším bodem ve směru proudění; pokud není v této části soustavy umístěno oběhové čerpadlo $\Delta p_z = 0$ kPa.

Průměr expanzního potrubí:

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5}$$

kde

Q_p je pojistný výkon [kW]



Návrh pojistného zařízení

Pojistné zařízení musí být připojeno na zdroj v pojistném místě. Zde je osazen i teploměr a tlakoměr.

Zdroje se pro určení příslušného zařízení dělí do skupin podle typu látky, která by ze zdroje odcházela přes pojistné zařízení.

Skupina A – výměníky, ohřívače TV, redukční a směšovací zařízení

Skupina B – kotle (pára/pára)

Výpočet je založen na předpokladu, že pojistné zařízení spolehlivě odvede ze zdroje tepla pojistný výkon.

Průřez sedla pojistného ventilu [mm²]

$$A_0 = Q_p / (\alpha_v \cdot K)$$

kde

α_v výtokový součinitel pojistného ventilu [-]; **podle výrobní dokumentace navrhovaného ventilu**

K konstanta závislá na stavu syté vodní páry při přetlaku p_{ot} [kW/mm²]

p [kPa]	K [kW/mm ²]
180	0,91
200	0,97
250	1,12
300	1,26
350	1,41

Ideální průměr sedla pojistného ventilu [mm]

$$d_i = 2 \cdot (A_0 / \pi)^{0,5}$$

Průměr sedla skutečného pojistného ventilu [mm]

$$d_0 = a \cdot d_i$$

a – součinitel zvětšení sedla [-]

Výtokový součinitel α_v	0,08	0,1	0,14	0,2	0,28	0,4	0,56	0,8
Součinitel zvětšení sedla a	3,54	3,16	2,67	2,24	1,89	1,58	1,34	1,12

Profil (vnitřní průměr) pojistného porubí [mm] – pro potrubí odvádějící páru nebo směs

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot Q_p^{0,5}$$

Příklad

Výška otopné soustavy je 10 m, objem vody v OS je 620 l, v kotelně jsou dva plynové kotle, každý o výkonu 60 kW. Navrhněte expanzní nádobu a pojistný ventil(y).

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} (+\Delta p_z)$$

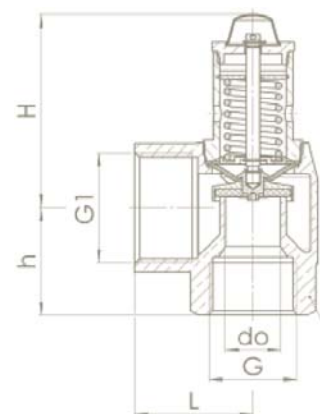
$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot 10 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} + 20 \text{ kPa}$$

$$p_{ddov} \geq 128 \text{ kPa (volím 130 kPa)}$$

$$p_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3})$$

$$p_{hdov} \leq 400 - 1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}$$

$$p_{hdov} \leq 390 \text{ (volím otevírací přetlak 350 kPa)}$$



$$V_e = 1,3 \cdot 0,620 \cdot 0,0295 = 0,024 \text{ m}^3$$

$$V_{ep} = 0,024 \cdot (350 + 100) / (350 - 130) = 0,049 \text{ m}^3$$

Návrh: tlaková EN s membránou 50 l.

Průměr expanzního potrubí:

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 120^{0,5} = 17 \text{ mm} \Rightarrow \text{navrženo potrubí DN 20.}$$

Pojistný ventil:

Kotel 60 kW, otevírací přetlak 350 kPa. $\alpha_v = 0,565$

Označení Typ DUCO	Jmenovitá světlost DN [mm]	Nejmenší průtočný průřez [mm ²]	Zaručený výtokový součinitel α_w [-]	Otevírací tlak p_o [kPa] Při p_o do 300 kPa tolerance ± 10 % Při p_o nad 300 kPa tolerance ± 30 kPa
Pro topení:				
1/2" x 1/2"	15	113	0,444	200; 250; 300
3/4" x 3/4"	20	176	0,565	200; 250; 300
1/2" x 3/4"	15	113	0,444	150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
3/4" x 1"	20	176	0,565	100; 150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1" x 1 1/4"	25	380	0,684	50; 100; 150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1 1/4" x 1 1/2"	32	804	0,693	100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1 1/2" x 2"	40	1017	0,549	50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
2" x 2 1/2"	50	1589	0,576	50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1/2" x 3/4" M	15	113	0,444	250

(<http://www.meibes.cz/produkty/ventily-pojistne-a-smesovaci/>)

Průřez sedla PV:

$$A = 60 / (0,565 \cdot 1,41) = 75 \text{ mm}^2$$

Z toho ideální průměr sedla: $d_i = 9,8 \text{ mm}$

Průměr sedla skutečného ventilu:

$$d_o = a \cdot d_i = 9,8 \cdot 1,4 = 13,68 \text{ mm}$$

a je součinitel zvětšení sedla (pro $\alpha_v = 0,565$ je $a = 1,34$)

vstupní a výstupní pojistné potrubí

$$d_p = 15 + 1,34 \cdot 60^{0,5} = 25,4 \text{ mm} \text{ tomu odpovídá DN 25}$$

Návrh dle podkladů výrobce:

PV DN 25 (v tomto případě rozhoduje vstupní pojistné potrubí), 1" x 1 1/4".

Otevírací přetlak 350 kPa.

