

Bilance sborníku kondenzátu

Vliv způsobu potrubního zapojení na bilanci hmotovou a tepelnou

Příklad VLP – prosinec 2001

P. Hoffman

Do sborníku jsou přivedeny dva kondenzáty z různých zařízení, např. ze zrníčů a některého stupně odparky. Zde expandují na tlak odpovídající tlaku, do kterého je sborník odvětrán. Směs kondenzátů je ze sborníku odváděna k dalšímu využití, rovněž tak i vzniklá pára.

Zadané hodnoty a hodnoty určené z tabulek

Vstup kondenzátu 1

Množství kondenzátu 1

$$M_{K01} = 5000 \text{ kg/h}$$

Teplota kondenzátu 1

$$t_{K01} = 125 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Měrné teplo kondenzátu 1

$$c_{K01} = 4,23 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

Vstup kondenzátu 2

Množství kondenzátu 2

$$M_{K02} = 15000 \text{ kg/h}$$

Teplota kondenzátu 2

$$t_{K02} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Měrné teplo kondenzátu 2

$$c_{K02} = 4,19 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

Sborník je vyexpandován do tlaku

Tlak (absolutní)

$$p_{SB} = 100 \text{ kPa}$$

Odpovídající teplota sytosti

$$t_e = 99,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Odpovídající měrné teplo

$$c_K = 4,21 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

Entalpie syté vyexpandované brýdy

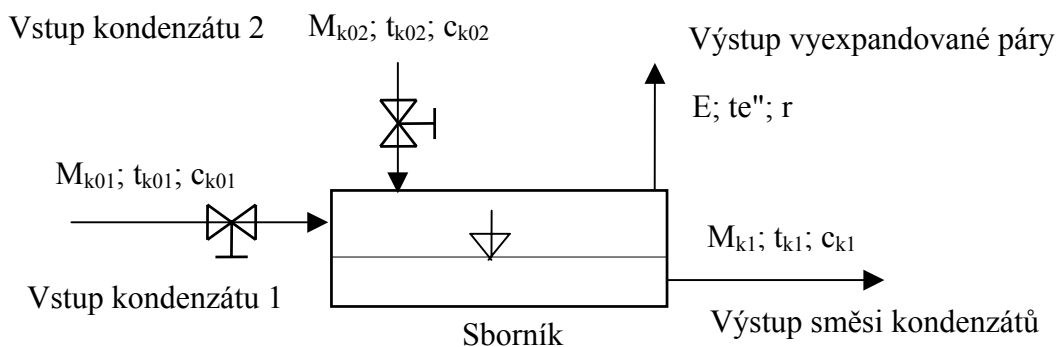
$$h = 2675,2 \text{ kJ/kg}$$

Výparné teplo

$$r = 2256 \text{ kJ/kg}$$

1. Dva samostatné vstupy kondenzátů

Schéma potrubního zapojení sborníku



Bilance sborníku

Protože oba proudy vstupují do sborníku samostatně, musíme je i samostatně bilancovat, neboť budou i samostatně expandovat.

1.proud kondenzátu

Vzhledem k tlaku ve sborníku je kondenzát přehřátý. Dojde tedy k expanzi a uvolnění určitého množství páry na úkor tepla v přehřátém kondenzátu. Množství vyexpandované brýdy určíme ze vztahu

$$E_1 = M_{K01} * (t_{K01} - t_e^{''}) * c_{K1\phi} / r \qquad r = h^{''} - t_e^{''} * c_K = 2256 \text{ kJ/kg}$$

$$E_1 = 5000 * (125 - 99,6) * 4,23 / 2256 = 238 \text{ kg/h}$$

Množství odcházejícího kondenzátu

$$M_{K11} = M_{K01} - E_1 = 5000 - 238 = 4762 \text{ kg/h}$$

Teplota odcházejícího kondenzátu se rovná teplotě odpovídající tlaku ve sborníku, t.zn.

$$t_{K11} = 99,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.proud kondenzátu

Vzhledem k tlaku ve sborníku je kondenzát podchlazený. Nedojde tedy k žádné expanzi, takže se teplota kondenzátu nezmění (zanedbáváme ztráty tepla do okolí). Množství vyexpandované brýdy tedy bude 0.

$$E_2 = 0$$

Množství odcházejícího kondenzátu

$$M_{K12} = M_{K02} - E_2 = 15000 - 0 = 15000 \text{ kg/h}$$

Teplota odcházejícího kondenzátu se rovná teplotě vstupujícího kondenzátu, t.zn.

$$t_{K12} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Celková bilance sborníku

Celkové množství vyexpandované brýdy

$$E = E_1 + E_2 = 238 + 0 = 238 \text{ kg/h}$$

Množství odcházejícího kondenzátu

$$M_{K1} = M_{K11} + M_{K12} = 4762 + 15000 = 19762 \text{ kg/h}$$

Teplota odcházejícího kondenzátu

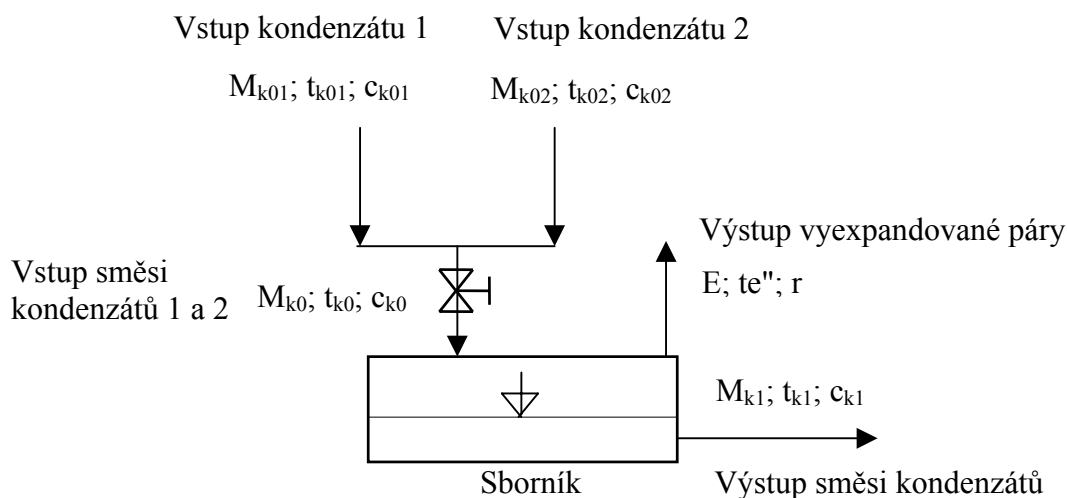
$$t_{K1} = (M_{K11} \cdot c_{K11} \cdot t_{K11} + M_{K12} \cdot c_{K12} \cdot t_{K12}) / (M_{K1} \cdot c_{K1})$$

$$t_{K1} = (4762 \cdot 4,23 \cdot 99,6 + 15000 \cdot 4,19 \cdot 80) / (19762 \cdot 4,20) = 84,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Pozn.: Výpočet je přibližný. Správně bychom měli uvažovat měrné teplo jako průměrnou hodnotu mezi teplotou kondenzátu před expanzí a po expanzi. Rovněž tak musíme pro určení t_{K1} nejdříve odhadnout c_K (neboť závisí na t_{K1}) a teprve pak teplotu po smísení obou kondenzátů určit. Poté, jako při iteracích znovu upřesnit měrné teplo. Protože se jeho hodnota mění málo, lze výpočet zjednodušit. Např. při předpokladu, že se měrné teplo nemění a že je pro všechny případy rovné hodnotě $4,20 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ je odchylka v množství vyexpandované brýdy pouze $0,8 \%$ a v teplotě odcházejícího kondenzátu $0,2 \%$. Vyplývá z toho, že ve výše uvedených výpočtech lze měrná tepla vykrátit.

2. Jeden společný vstup kondenzátů

Schéma potrubního zapojení sborníku



Bilance sborníku

Oba proudy kondenzátů se nejdříve v potrubí smísí a teprve poté společně expandují ve sborníku (pokud je jejich teplota po smísení vyšší než je teplota odpovídající tlaku ve sborníku).

Parametry kondenzátů po jejich smísení

Množství kondenzátů po smísení

$$M_{K0} = M_{K01} + M_{K02} = 5000 + 15000 = 20000 \text{ kg/h}$$

Teplota kondenzátů po smísení

$$t_{K0} = (M_{K01} * c_{K01} * t_{K01} + M_{K02} * c_{K02} * t_{K02}) / (M_{K0} * c_{K0})$$

$$t_{K0} = (5000 * 4,23 * 125 + 15000 * 4,19 * 80) / (20000 * 4,20) = 91,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Měrné teplo kondenzátů po smísení

$$c_{K0} = 4,20 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

Celková bilance sborníku

Protože je teplota kondenzátů vstupujících do sborníku nižší jak teplota odpovídající tlaku ve sborníku, není kondenzát přehřátý. Proto ani nedojde k žádné expanzi páry. Bilance sborníku tedy bude následující

Množství vyexpandované páry

$$E = 0 \text{ kg/h}$$

Množství odcházejícího kondenzátu

$$M_{K1} = M_{K0} = 20000 \text{ kg/h}$$

Teplota odcházejícího kondenzátu

$$t_{K1} = t_{K0} = 91,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

3. Zhodnocení

Oproti předchozímu případu je množství vyexpandované páry 0 kg/h (nižší o 238 kg/h), množství odcházejícího kondenzátu naopak o tuto hodnotu vyšší. Teplota odcházejícího kondenzátu je ve druhém případě o 6,6 °C vyšší (platí zákon zachování hmoty i energie).

Volba prvního nebo druhého způsobu přívodu kondenzátů závisí na několika okolnostech. Jednak konstrukční hledisko jako např. prostor pro umístění přírodních hrdel a nebo technologická hlediska. Např. zda je výhodnější využití vyexpandované brýdy nebo teplejšího kondenzátu. Z hlediska spolehlivého odtoku kondenzátu z topných komor je výhodnější jejich samostatný přívod do volného prostoru nad hladinou kondenzátů ve sborníku.

Pozn.: Pokud jsou teploty obou kondenzátů vyšší jak teplota odpovídající tlaku ve sborníku kondenzátů, nezávisí výstupní parametry (E , M_k , t_k) na způsobu zapojení přívodu kondenzátů.