

Zjednodušená měsíční bilance tepelné soustavy s tepelným čerpadlem BalanceTC 2017/v2

Tomáš Matuška

Fakulta strojní, České vysoké učení technické v Praze

Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, České vysoké učení technické v Praze

Úvod

Pro návrh a zhodnocení tepelných soustav využívajících elektricky poháněná tepelná čerpadla pro přípravu teplé vody a pro vytápění byla v roce 2014 vydána technická normalizační informace TNI 73 0351 [1]. Postup využívá intervalovou metodu popsanou podrobněji v ČSN EN 15316-4-2 [2] s využitím tzv. teplotních intervalů (četností teplot venkovního vzduchu v ročním a měsíčním rozlišení). Nástroj BalanceTC tento postup implementuje do jednoduché výpočtové tabulky. Oproti TNI 73 0351 je přidána i samostatná bilance ohřevu bazénové vody (vnitřní, vnější bazén).

Z pohledu formálního provedení výpočtového nástroje se jedná o koncept obdobný nástroji BalanceSS [3]. Veškeré informace jsou soustředěny na jednom listu – stránce formátu A4. Cílem je přehlednost výpočtu, kdy zadání i výsledky jsou na jednom místě. List se dělí na čtyři bloky:

- základní informace;
- zadání / výpočet potřeby tepla;
- specifikace tepelného čerpadla;
- výsledky výpočtu, včetně grafického znázornění.

Všechny šedé buňky slouží jako zadávací pole a hodnoty v nich lze měnit. Ostatní bílé buňky měnit nelze, jsou výsledkem volby nebo výpočtu.

Potřeba tepla

Zadání potřeby tepla, kterou má krýt tepelné čerpadlo, je možné ve třech základních aplikacích provést pomocným výpočtem nebo přímým zadáním hodnot v jednotlivých měsících. **Mělo by být upřednostněno zadání hodnot externě vypočtených například v nástrojích pro hodnocení energetické náročnosti budov, neboť pomocné výpočty jsou zjednodušené. Nicméně je důležité rámcově zadat i údaje pro výpočet, neboť se mohou použít pro pomocné výpočty bilance, např. teplota, na kterou se připravuje teplá voda, návrhové teploty otopné soustavy, apod.**

Rozbalovací menu umožňuje zvolit:

Vložit měsíční údaje – lze zadat potřebu tepla v dané aplikaci po jednotlivých měsících, stanovenou externím výpočtem, např. v rámci hodnocení energetické náročnosti budovy

Vypočítat ze zadaných údajů – měsíční potřeby tepla jsou vypočteny z údajů zadaných pod tabulkou měsíčních potřeb, výpočet potřeby tepla proběhne až po stisknutí tlačítka „PŘEPOČET HODNOT“.

Příprava teplé vody

V bloku zadání potřeby tepla na přípravu teplé vody výpočtem se vychází z následujících vstupních údajů:

Počet osob – nejčastěji se jedná o osoby, ale mohou to být jakékoli měrné jednotky, ke kterým je známa měrná potřeba teplé vody, např. místa v restauraci, lůžka v nemocnici, sprchy v šatnách apod.

Potřeba teplé vody – jedná se o měrnou denní potřebu teplé vody v litrech/den, vztaženou na měrnou jednotku, nejčastěji na osobu; směrné hodnoty pro definované teplotní podmínky jsou uvedeny např. v TNI 73 0302 [4] nebo ČSN EN 15316-3-1 [5].

Teplota studené vody – teplota studené vody, uvažovaná jako celoročně stálá hodnota; běžné hodnoty se pohybují mezi 5 a 20 °C.

Teplota teplé vody – teplota teplé vody, uvažovaná jako celoročně stálá hodnota; z hlediska zadání reálné potřeby tepla na přípravu teplé vody **je nutné, aby zadaná měrná potřeba teplé vody korespondovala s uvedenou teplotou teplé vody** – je zřejmé, že např. 40 l/os.den vody o teplotě 40 °C bude představovat jinou potřebu tepla než stejné množství vody o teplotě 60 °C. **Teplota teplé vody je využita při výpočtu energetické bilance.**

Letní snížení potřeby – umožňuje pro dva letní prázdninové měsíce (červenec, srpen) zadat procentní snížení potřeby tepla, v obytném sektoru se běžně pohybuje mezi 20 až 40 %.

Přirážka na tepelné ztráty – hodnota se automaticky doplňuje volbou způsobu přípravy teplé vody, více informací viz TNI 73 0302 [4].

Vytápění

Tepelná ztráta – výpočtová (návrhová) tepelná ztráta budovy, pro návrhové podmínky definované níže (návrhová vnitřní teplota, návrhová venkovní teplota).

Návrhová vnitřní teplota – výpočtová teplota vnitřního vzduchu, pro kterou byla stanovena tepelná ztráta, zároveň je uvažována jako průměrná teplota v otopném období. **Návrhová teplota vnitřního vzduchu je využita při výpočtu energetické bilance.**

Návrhová venkovní teplota – výpočtová teplota venkovního vzduchu, pro kterou byla stanovena tepelná ztráta, výpočtové teploty v oblastech ČR se pohybují mezi -12 až -21 °C. **Návrhová teplota venkovního vzduchu je využita při výpočtu energetické bilance.**

Teplota přívodní vody – návrhová teplota přívodní otopné vody do otopné soustavy. **Teplota přívodní vody je využita při výpočtu energetické bilance.**

Teplota vratné vody – návrhová teplota vratné otopné vody do otopné soustavy. **Teplota vratné vody je využita při výpočtu energetické bilance.**

Přirážka na ztráty – hodnota zohledňuje míru energetické ztráty rozvodů a prvků sdílení otopné soustavy, tzn. o kolik procent je potřeba dodat více tepla do otopné soustavy pro krytí potřeby tepla na vytápění prostoru; jedná se jednak o tepelné ztráty rozvodů a jednak o ztráty způsobené přetápěním vlivem nedokonalé regulace a setrvačnosti otopných ploch.

Korekční součinitel – hodnota se automaticky doplňuje volbou energetického standardu budovy, více informací viz TNI 73 0302 [4]; čím je kvalitnější standard budovy, tím je použitá denostupňová

metoda výpočtu měsíční potřeby tepla méně spolehlivá, přestože díky korekčnímu součiniteli se roční potřeba tepla může přiblížit reálné potřebě.

Bazén

Plocha bazénu – čistá plocha vodní hladiny bazénu.

Provozní doba – vymezuje časový úsek, ve kterém trvají teplotní podmínky v režimu **den** pro výpočet potřeby tepla bazénu, teplotní podmínky v režim **noc** jsou v časovém úseku „24 – provozní doba“; u zakryvaného bazénu je po tuto dobu uvažována odkrytá hladina.

Teplota vody (den) – teplota bazénové vody v časovém úseku „den“, volí se podle reálného provozu bazénu, typické hodnoty viz tabulka 4 v TNI 73 0302 [4]. **Teplota vody je využita při výpočtu energetické bilance.**

Teplota vzduchu (den) – teplota vzduchu v časovém úseku „den“, pro vnitřní bazén se volí podle reálného provozu bazénu, typické hodnoty viz tabulka 4 v TNI 73 0302 [4], pro venkovní bazén je teplotou vzduchu střední teplota v době slunečního svitu (předpoklad provozu bazénu ve dne), hodnoty viz tabulka A.2 v TNI 73 0302 [4].

Teplota vody (noc) – teplota bazénové vody v časovém úseku „noc“, volí se podle reálného provozu bazénu, typické hodnoty viz tabulka 4 v TNI 73 0302 [4].

Teplota vzduchu (noc) – teplota vzduchu v časovém úseku „noc“, pro vnitřní bazén se volí podle reálného provozu bazénu, typické hodnoty viz tabulka 4 v TNI 73 0302 [1], pro venkovní bazén je teplotou vzduchu teplota v noční době, hodnoty viz tabulka A.2 v TNI 73 0302 [4].

Počet návštěvníků – měsíční počet návštěvníků bazénu (osob/měsíc), zadává se přímo počet, v TNI 73 0302 je uvedena možnost stanovit měsíční množství návštěvníků z kapacity bazénu podle vztahů (12) a (13).

Poznámka: ve verzi č. 2 byly opraveny dvě chyby:

1) pro výpočet odparu bylo chybně uvažováno skupenské teplo vody 2.5×10^5 J/kg, nyní opraveno na 2.5×10^6 J/kg

2) pro výpočet potřeby energie pro dohřev čerstvé studené vody pro bazén byla upravena teplota studené vody na hodnotu uvedenou v TNI 73 0302 ($15 \text{ }^\circ\text{C}$)

Specifikace tepelného čerpadla

Druh – druh tepelného čerpadla, vstupuje do výpočtu, ovlivňuje celoročně teplotní parametry na výparníku.

Počet – udává počet jednotek o identických parametrech uvedených v tabulkách níže. Zadání počtu použitých tepelných čerpadel může usnadnit návrh výkonu tepelných čerpadel vzhledem k potřebě tepla. Počtem se ve výpočtu násobí výkon jednotky stanovený z charakteristik.

Typ – pouze informativní údaj pro jasnou definici použitého tepelného čerpadla.

Topný výkon – hodnoty topného výkonu pro kombinaci teploty na vstupu do výparníku t_{v1} a teploty na výstupu z kondenzátoru t_{k2} stanovené v souladu s ČSN EN 14511. Je nutné vyplnit všechna pole, i

kdyby mělo jít v některých případech o interpolaci dostupných údajů. **Hodnoty teplot (okrajových podmínek) lze měnit podle dostupných údajů.**

Topný faktor – hodnoty topného faktoru pro kombinaci teploty na vstupu do výparníku t_{v1} a teploty na výstupu z kondenzátoru t_{k2} stanovené v souladu s ČSN EN 14511. Je nutné vyplnit všechna pole, i kdyby mělo jít v některých případech o interpolaci dostupných údajů. **Hodnoty teplot (okrajových podmínek) lze měnit podle dostupných údajů.**

Zvýšení teploty TV – zvýšení provozní teploty otopné vody při ohřevu vody v zásobníku oproti požadované teplotě teplé vody vlivem výměníku tepla.

Zvýšení teploty VYT, BV – zvýšení provozní teploty otopné vody oproti požadované teplotě otopné vody (VYT) vlivem hystereze nabíjení zásobníku nebo bazénové vody (BV) vlivem výměníku tepla.

Příkon čerpadel TV, BV – celkový provozní elektrický příkon oběhových čerpadel (a jiných pomocných zařízení) v okruhu přípravy teplé vody nebo bazénové vody (podle zvolené aplikace v roletovém menu, viz dále).

Příkon čerpadel VYT – celkový provozní elektrický příkon oběhových čerpadel (a jiných pomocných zařízení) v okruhu vytápění.

Roletovým menu se vybírá **druh aplikace** tepelného čerpadla:

- bazén vnitřní, ohřev bazénové vody;
- bazén venkovní, ohřev bazénové vody;
- příprava teplé vody;
- vytápění;
- příprava teplé vody a vytápění.

V případě volby druhu aplikace se zadané potřeby tepla ve sloupcích neodpovídajících aplikaci smažou, např. volbou ohřevu bazénové vody se po stisku tlačítka „PŘEPOČET HODNOT“ smažou sloupce potřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění, pokud v nich jsou nějaké údaje.

Z uvedených možností také vyplývá, že nelze bilancovat multifunkční tepelnou soustavu kombinující přípravu teplé vody a ohřev bazénové vody nebo soustavu kombinující přípravu teplé vody, vytápění a ohřev bazénové vody.

Roletovým menu se vybírá **druh převažujících teplosměnných ploch**:

- podlahové vytápění;
- otopná tělesa;
- teplovzdušné vytápění;

Volba ovlivňuje výpočet energetické bilance – vliv na výpočet ekvitermní teploty otopné vody (teplotní exponent otopné plochy).

Výsledky výpočtu

Výpočet bilance tepelné soustavy s tepelným čerpadlem se provede tlačítkem „PŘEPOČET HODNOT A KONTROLA“.

V tabulce výsledků jsou shrnuty:

- střední teplota vzduchu v daném měsíci;
- potřeba tepla Q_p , která má být kryta tepelným čerpadlem;
- teplo dodané tepelným čerpadlem Q_{TC} pro krytí potřeby tepla;
- teplo dodané záložním zdrojem Q_{ZZ} pro krytí potřeby tepla, uvažuje se elektrický dohřev;
- celková spotřeba elektrické energie celé soustavy E_{sys} zahrnuje spotřebu elektrické energie tepelného čerpadla, pomocné energie a záložního zdroje tepla;
- doba provozu tepelného čerpadla τ_{TC} ;
- sezónní topný faktor celého systému SPF .

V souhrnných výsledcích jsou uvedeny hlavní tři parametry tepelné soustavy s tepelným čerpadlem:

Potřeba elektrické energie – celková potřeba elektrické energie soustavy v MWh/rok

Sezónní topný faktor - celkový sezónní topný faktor celé soustavy (roční) stanovený jako podíl celkové potřeby tepla aplikace a potřeby elektrické energie soustavy

Pokrytí potřeby tepla $TČ$ – procentní pokrytí potřeby tepla tepelným čerpadlem v %

Výsledky jsou doplněny grafickou formou bilance potřeby tepla a potřeby elektrické energie.

Odkazy

- [1] TNI 73 0351 Energetické hodnocení soustav s tepelnými čerpadly - Zjednodušený výpočtový postup, ÚNMZ, 2014.
- [2] ČSN EN 15316-4-2 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetické potřeby a účinností soustavy - Část 4-2: Výroba tepla pro vytápění, tepelná čerpadla, ÚNMZ, 2011.
- [3] BilanceSS 2015/v2 - Zjednodušená měsíční metoda pro bilancování solárních tepelných soustav, ČVUT v Praze 2015, dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/?page_id=158
- [4] TNI 73 0302 Energetické hodnocení solárních tepelných soustav - Zjednodušený výpočtový postup, ÚNMZ 2014.
- [5] ČSN EN 15316-3-1 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody), ÚNMZ 2010.