

Odpar vody z exteriérovej vodnej plochy

Lucia Záležáková¹, Ján Rajzinger²

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta, Ústav tepelnej energetiky, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, lucia.zalezakova@stuba.sk

² Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta, Ústav tepelnej energetiky, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, jan.rajzinger@stuba.sk

Abstrakt Tepelné straty odparovaním z vodnej hladiny sú jedným z kľúčových tepelných strát pri výpočtoch tepelnej bilancie otvorených vodných plôch. Najväčší vplyv na tieto straty majú poveternostné podmienky, preto k výpočtom treba pristupovať tak, aby sme zohľadnili a rešpektovali všetky ovplyvňujúce faktory. Cieľom predkladaného príspevku je analýza vzťahov používaných pri výpočte tepelných strát odparovaním z exteriérovej vodnej plochy realizovaná na konkrétnom prípade.

1 Úvod

Cieľom príspevku je výpočet množstva odparenej vody z otvorenej vodnej plochy z dôvodu podozrenia úbytku väčšieho množstva vody. Pre vyriešenie daného problému je prvoradé zistiť skutočné množstvo odparenej vody, aby sa mohlo vylúčiť prípadné poškodenie samotného dna okrasnej vodnej plochy, aby nedošlo k neoprávnenej reklamáci zhotoviteľovi.

2 Tepelné straty prestupom látky pri odparovaní

Straty odparovaním vody sú zo všetkých strát najväčšie a najvýznamnejšie (tvoria 40-80 %). Priamo závisia od rýchlosti prúdenia vzduchu nad hladinou. Určíme ich podľa vzťahu [1].

$$\dot{Q}_{od} = \dot{m}_p l_v(t_t) \quad (1)$$

kde \dot{Q}_{od} je strata tepla odparovaním [kW], l_v je výparné teplo vody [kJ/kg], \dot{m}_p [kg/s] je hmotnostný tok odparujúcich sa vodných pár z hladiny, ktorý možno určiť na základe špecifickej vlhkosti vzduchu nasledovne [2]:

$$\dot{m}_p = \beta_x S [x''(t_t) - x(t_o)] \quad (2)$$

β_x [kg/m²s] je súčiniteľ prestupu látky vzťahnutý na špecifické vlhkosti vodnej pary v suchom vzduchu, pri rýchlostiach vzduchu nad hladinou $w > 1$ m/s, ktorý určíme podľa vzťahu [3]:

$$\beta_x = [6,94 + 5,83w - 0,072t_{str} - 9,72x_{str}(w - 1)] \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

t_{str} je stredná teplota medzi mokrým povrchom a okolím [°C], x_{str} je stredná špecifická vlhkosť vzduchu [g/kg], $x(t_o)$ je špecifická vlhkosť vzduchu pri teplote okolia [g/kg], $x''(t_t)$ je špecifická vlhkosť sýteho vzduchu pri teplote vodnej hladiny [g/kg]. Podrobný rozbor jednotlivých vzorcov a empirických vzťahov pre tepelné straty odparovaním z vodnej hladiny je uvedený v [4].

3 Príklad a výsledky riešenia

Výpočet tepelných strát odparovaním vody je pre zadanú okrasnú vodnú plochu s parametrami: Plocha $S = 280$ m², hĺbka $h = 0,3$ m, bez udržiavania konštantnej teploty vody. Pre spracovanie nám boli dodané hodnoty teploty vody, teploty okolitého vzduchu a vlhkosti, ktoré boli namerané

každú hodinu počas jedného celého dňa. Pre výpočet sme stanovili priemerné hodnoty a to: priemerná teplota vody $t_w = 19\text{ }^\circ\text{C}$, priemerná teplota okolitého vzduchu $t_o = 19\text{ }^\circ\text{C}$, relatívna vlhkosť vzduchu $\varphi = 67\%$ a rýchlosť vetra $w = 1,36\text{ m/s}$.

Teplota mokrého teplomera t_m , špecifická vlhkosť vzduchu pri teplote okolia $x(t_o)$ a špecifická vlhkosť sýteho vzduchu pri teplote vodnej hladiny $x''(t_t)$ sú odčítané z h-x diagramu vlhkého vzduchu a povrchová teplota vodnej hladiny t_t je vypočítaná z rovnice [3]:

$$t_t = t_w - \frac{t_w - t_m}{10} (0,06w^3 - 0,48w^2 + 1,22w) \quad (4)$$

Súčiniteľ prestupu látky vzťahnutý na špecifické vlhkosti vodnej pary v suchom vzduchu je určený z empirického vzťahu (3) pri rýchlostiach vzduchu nad hladinou $w > 1\text{ m/s}$ [3] a výsledné hodnoty sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tab. 1 Výsledné hodnoty teplôt, špecifických vlhkostí vzduchu a súčiniteľa prestupu látky.

t_m [°C]	t_t [°C]	t_{str} [°C]	$x(t_o)$ [g/kg]	$x''(t_t)$ [g/kg]	x_{str} [g/kg]	$\beta_x \cdot 10^3$ [kg/m ² s]
12,7	24,7	21,85	9,37	20,49	14,93	13,2425

Potom pre uvedenú plochu vodnej hladiny 280 m^2 , hmotnostný tok odparujúcich sa vodných pár z hladiny vypočítaný podľa vzťahu (2) nám vyšiel:

$$\dot{m}_p = 0,04123\text{ kg/s} \quad \text{resp.} \quad \dot{m}_p = 148,5\text{ l/hod.}$$

Celkové tepelné straty odparovaním z vodnej hladiny pri teplote vodnej hladiny $t_t \cong 25\text{ }^\circ\text{C}$ a výparnom teple vody $l_v = 2441,71\text{ kJ/kg}$ podľa vzťahu (1) sú $\dot{Q}_{od} = 100,6\text{ kW}$.

4 Záver

Riešiteľ projektu okrasnej vodnej plochy zaznamenal úbytok vody za 3 dni približne 3 až 4 cm, čo predstavuje asi 10 m^3 z uvedeného množstva vody.

Výpočet ukázal, že úbytok vody za jeden deň predstavuje $3,6\text{ m}^3$ a pre porovnanie s uvedenou hodnotou riešiteľa za pozorované tri dni, činí táto hodnota úbytku vody $10,692\text{ m}^3$. Pokles hladiny podľa výpočtu za jeden deň je 1,3 cm a za tri dni približne 3,8 cm. Výsledkom teda je, že úbytok vody odparovaním z vodnej hladiny je podľa vypočítaných hodnôt reálny a riešiteľ projektu môže vylúčiť prípadné poškodenie dna okrasnej vodnej plochy. Následne môže pristúpiť k riešeniu automatického dopĺňovania vody uvedenej okrasnej plochy.

Literatúra

- [1] KABÁT, E., HORÁK, M. *Prenos tepla*. 1.vyd. Bratislava: ES STU, 2000. 129 s. ISBN 80-227-1409-7.
- [2] ŠUBART, F. *Základy sdílení tepla a přenosu hmoty*. 1. vyd. Brno: Vojenská akademie Antonína Zápotockého, 1964. 454 s.
- [3] FERSTL, K. *Vybrané state z průdenia a prenosu tepla*. 1. vyd.: ES STU Bratislava, 1991. 238 s. ISBN 80-227-0378-8.
- [4] ZÁLEŽÁKOVÁ, L. *Návrh ohrevu termálnej vody nekrytého sedacieho bazénu*. Sjf STU Bratislava, Diplomová práca, 2003.