

## Eksergijska analiza učinkovitosti hladilnega stolpa

Xiaoni Qi<sup>1,\*</sup> – Yongqi Liu<sup>1</sup> – Zhenyan Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tehniška univerza v Shandongu, Fakulteta za promet in vozila, Kitajska

<sup>2</sup> Fakulteta za strojništvo in elektrotehniko, Univerza Šanghaj Jiao Tong, Kitajska

V konvencionalnih hladilnih stolpih se hladilna zmogljivost sčasoma zmanjša zaradi nalaganja oblog na polnilu, ki ovirajo pretok zraka. Prisotnost polnjenja tudi občutno poveča upor, ki je glavni dejavnik porabe moči. Stolp z odstranjenim polnilom je prazen, to pa vpliva na hlajenje kalne vode z visoko temperaturo.

Pregled stanja raziskav kaže, da ne obstaja sistematična teorija za preučevanje hladilnih stolpov. Dejavniki vpliva so notranja zgradba, način pršenja vode, okoljski dejavniki, masni pretok zraka, hitrost vetra, masni pretok vode, vstopna temperatura vode itn. Odvisnost med temi dejavniki in učinkovitostjo hlajenja je zahtevna in nelinearna. Raziskovalci morajo za reševanje tega problema izvajati eksperimente na velikih sistemih, ki zahtevajo velik vložek dela in materialnih sredstev. Eksperimentalne metode prav tako ne morejo pokriti celotnega obsega možnih okoljskih pogojev. Zato je nujna vzpostavitev primerne matematičnega modela prenosa toplote in snovi za proces hlajenja vroče vode v hladilnem stolpu.

Eksergijska analiza lahko nakaže možnosti za termodinamične izboljšave obravnavanega procesa. Muangnoi je z eksergijsko analizo pojasnil zmogljivost običajnega hladilnega stolpa. Danes še ni veliko znanega o uporabnosti eksergijske analize za preučevanje hladilnih stolpov. V tem članku je učinkovitost hladilnega stolpa napovedana na osnovi prenosa toplote in snovi med vodo in zrakom, ki pripelje do rešitve v pogojih stacionarnega stanja. Za reševanje parcialnih diferencialnih enačb, ki dajejo temperaturo kapljic v posameznih sekcijah in izhodno temperaturo vode, je bila uporabljena metoda Runge-Kutta. Porazdelitev eksergije v vodi in zraku hladilnega stolpa je določena z uporabo drugega zakona termodinamike. Celotna eksergija sestoji iz treh delov: termomehanske energije  $ex_{ch}$ , mehanske eksergije  $ex_{me}$  in kemične energije  $ex_{ch}$ . Hitrost izgubljanja eksergije I ali izgubljeni potencial zraka, da prevzame eksergijo od vode, je mogoče določiti na podlagi enačbe ravnotežja eksergije za kontrolne volumne. Enačbe popisujejo stacionarno stanje in adiabatni proces brez vložene dela.

Model je bil validiran s podatki, ki jih je priskrbelo kitajsko podjetje Jiangsu Seagull Cooling Tower Co., LTD. Primerjana je bila izhodna temperatura vode, pri čemer je bilo ugotovljeno, da je napaka med napovedanimi in eksperimentalnimi vrednostmi znotraj 10 %. Model je zato primeren za napovedovanje stanj vode in zraka v hladilnih stolpih.

Po validaciji modela so bile preučena nekatera eksergijska dogajanja v hladilnem stolpu. Nepovračljivost vsakega procesa uniči nekaj vstopne eksergije. Rezultati tudi kažejo, da zrak ne absorbira vse eksergije vode in da se vedno izgubi znaten del eksergije, predvsem v spodnjih delih stolpa. Eksergijska analiza kaže, da se izguba eksergije povečuje z rastjo premera vodnih kapljic. Eksergija vode, opredeljena kot razpoložljiva energija, ki jo je mogoče pridobiti iz vode, se zvezno zmanjšuje od vrha do dna. Eksergija na zračni strani je razpoložljiva energija zraka, ki jo ta prejme od vode. Na dnu se izgubi veliko eksergije, manj na vrhu. Na spremembi višine od 0,00 do 0,56 m se izgubi 1,19 kW eksergije. 0,876 kW eksergije se izgubi pri prehodu iz višine 0,56 na 1,12 m, in tako naprej. Porazdelitev izgube eksergije je mogoče uporabiti za pomoč pri iskanju optimalne učinkovitosti hladilnega stolpa. Uporabna energija, ki se iz vode prenaša na zrak, se zmanjšuje, to pa pomeni izgubo eksergije. To je pomemben omejitveni dejavnik pri hladilnem stolpu.

**Ključne besede:** hladilni stolp, prenos toplote in snovi, metoda Runge-Kutta, termomehanska eksergija, mehanska eksergija, kemična eksergija