

КРИВЕ НЕРАВНОМЈЕРНОСТИ ДИСТРИБУЦИЈЕ ВОДЕ У ВЛАЖНИМ РАСХЛАДНИМ ТОРЊЕВИМА

COOLING CURVES BASED ON DIVERSE WATER DISTRIBUTION IN WET COOLING TOWERS

¹Мр Сања Стијачић, ¹мр Давор Милић, ¹др Душан Голубовић, ²мр Новица Стијачић,
¹др Стојан Симић, ³др Мирко Добрњац

¹Машински факултет Источно Сарајево, Вука Караџића 30, 71126 Лукавица

²ФАМОС а.д. Источно Сарајево, Стефана Немање 5, 71123 Источно Сарајево

³Машински факултет Бањалука, Војводе Степе Степановића 71, 78000 Бањалука

У раду је анализиран утицај дистрибуције воде на интензитет хлађења воде у влажним расхладним торњевима. Представљене су основне карактеристике система локалне и глобалне дистрибуције. Посебно је истакнут утицај карактеристика млазнице на униформну дистрибуцију воде преко површине испуне и на укупни топлотни капацитет система. На примјеру расхладног торња приказане су основне карактеристике дистрибутора воде и резултати провјере расхладног учинка влажног расхладног торња. Такође, представљене су криве хлађења у зависности од степена неравномјерности дистрибуције воде и пречника млазнице.

Кључне ријечи: *расхладни торњ, дистрибуција воде, криве хлађења.*

This paper makes analysis of impacts of water distribution on water cooling in wet cooling towers. Basic features of local and global distribution are presented herein. Special attention is given to impact of nozzle characteristics on uniformity of water distribution over the fill and on total heat capacity of the system. Basic features of water distributors and cooling efficiency of wet cooling tower are presented in this paper based on a cooling tower example. Further, cooling curves are shown in this paper based on diverse water distribution and different nozzle diameter.

Key words: *cooling tower, water distribution, cooling curves.*

I. УВОД

У термоенергетским постројењима хлађење технолошке воде врши се углавном, примјеном рецикулационих система хлађења. Хлађење воде изводи се у директном контакту са атмосферским ваздухом у влажним расхладним торњевима. Примјеном рецикулационих система хлађења постиже се уштеда у потрошњи воде до 98% [4].

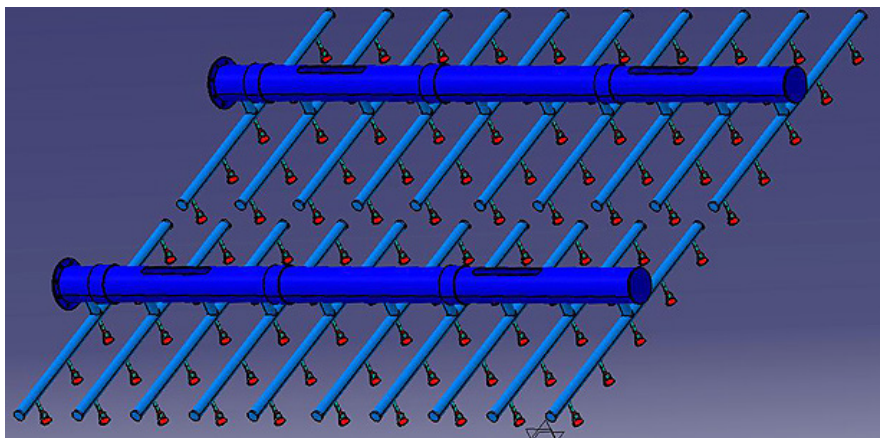
Интензитет хлађења воде зависи од разних фактора: распршивања воде, равномјерности протока воде по попречном пресеку торња, термичких карактеристика и висине испуне, габаритних димензија торња, равномјерности струјања ваздуха и других [1].

Хлађење воде одвија се највећим дијелом у зони испуне расхладног торња а мањим дијелом у зони распршивања и зони водене кише. Ефекти хлађења знатно се смањују услед лоше дистрибуције воде по попречном пресеку расхладног торња. Основне карактеристике протока воде у торњу су: водено оптерећење (густина водене кише), глобална дистрибуција воде по попречном пресеку торња, распршивање воде у капљице различитих димензија или формирање филма воде, контакт воде и ваздуха.

II. 1. ДИСТРИБУЦИЈА ВОДЕ У ВЛАЖНИМ РАСХЛАДНИМ ТОРЊЕВИМА

Дистрибуција воде по површини испуне кључни је аспект ефикасног рада влажног расхладног торња. Дистрибуција воде треба да буде равномјерна по цијелој површини изнад испуне и мора омогућити уједначено квашење материјала испуне. Млазнице се морају поста-

вити тако да нема преклапања и празнине код распршивања по површини испуне. Промјене протока воде или брзине протока ваздуха не смију утицати на укупну дистрибуцију воде у расхладном торњу. Испуњавањем ових захтјева могуће је постићи максималан пренос топлоте и оптималне радне перформансе млазница у расхладном торњу. На слици 1. дат је приказ глобалних и локалних система за дистрибуцију воде.



Слика 1. Приказ глобалних и локалних система за дистрибуцију воде

Код влажних расхладних торњева, као што је приказано на слици 1., постоји глобална и локална дистрибуција воде. Системи за дистрибуцију воде код влажних расхладних торњева такође се дијеле на гравитационе, или системе без притиска у виду магистралних и радних отворених канала, и системе под притиском који се састоје од магистралних и радних цјевовода.

А. Глобална дистрибуција воде код влажних расхладних торњева

Глобални систем за дистрибуцију воде у влажним расхладним торњевима чини систем магистралних цјевовода (канала) и радних цјевовода (дистрибутора). Магистрални и радни канали гравитационих дистрибутивних система, израђују се од дрвета или армираног бетона. Ширина дрвених и армирано–бетонских канала не треба да буде мања од 0,1 m. Прекорачење ивице канала изнад максималног нивоа воде креће се од 0,10 до 0,12 m. Армирано–бетонски канали израђују се од бетона одговарајућих карактеристика [5].

Цјевовод система за дистрибуцију воде под притиском, састоји се од челичних цијеви или цијеви од пластичних маса. Магистрални и радни цјевовод система за дистрибуцију воде под притиском прави се монтажом појединачних стандардизованих дијелова. Спајање челичних цијеви изводи се заваривањем, а у посебним случајевима спајање се врши уз помоћ спојница.

За испирање цјевовода система за дистрибуцију воде под притиском са распршивачима (млазницама), излазног пресека усмјереног према горе, користе се вентили или прикључци који се инсталирају на крајевима цјевовода. Челични цјевоводи система за дистрибуцију воде морају имати антикорозивну заштиту.

В. Локална дистрибуција воде код влажних расхладних торњева

Систем за локалну дистрибуцију воде у расхладном торњу може да буде састављен од низа млазница оријентисаних горе или доле и као такав равномјерно да дистрибуира воду преко површине испуне. У неким случајевима, систем за локалну дистрибуцију може бити само серија отвора кроз које вода пада на структуру расхладног торња. Систем за локалну дистрибуцију воде мора равномјерно да расподјељује рецикулациону воду преко површине испуне расхладног торња. За локалну дистрибуцију воде по површини испуне у систему дистрибуције воде примјењују се распршивачи следећих типова [5]:

- хидраулички наглавак и тањирит за распршивање – код гравитационих система за дистрибуцију воде,

- хидраулички наглавак и тањирѝ за распршивање, млазница са рефлексијом, и прскајућа центрифугална млазница са слободном излазном струјом – у систему за дистрибуцију воде под притиском.

Не препоручује се употреба распршивача типа хидраулички наглавак и тањирѝ за распршивање монтираних заједно, јер често због појаве нечистоћа у води може доћи до зачепљења хидрауличног наглавка.

Код гравитационих система за дистрибуцију воде хидраулички наглавак инсталира се у отвору на дну канала и мора имати држаче. Код система под притиском хидраулички наглавци и млазнице прикључују се на цјевовод помоћу вијака или прстенова. Хидраулички наглавци и тањирѝ могу да се праве од техничког порцелана, пластичне масе, метала и других материјала који одговарају условима рада у торњу. Они посједују отпорност на корозију и приступачни су за чишћење наталожене соли.

Распршивачи типа млазница са рефлексијом и центрифугална млазница система за дистрибуцију воде морају бити незапушени и ниског притиска. Висина воденог стуба изнад излазног пресека млазнице не смије бити већа од 1,5 до 2,0 m.

С. Карактеристике млазница (распршивача)

Неисправне млазнице ће ометати равномјерну дистрибуцију воде преко површине испуне, што негативно утиче на укупни топлотни капацитет система. Битне карактеристике млазница су [7]:

1) Конструкција млазница

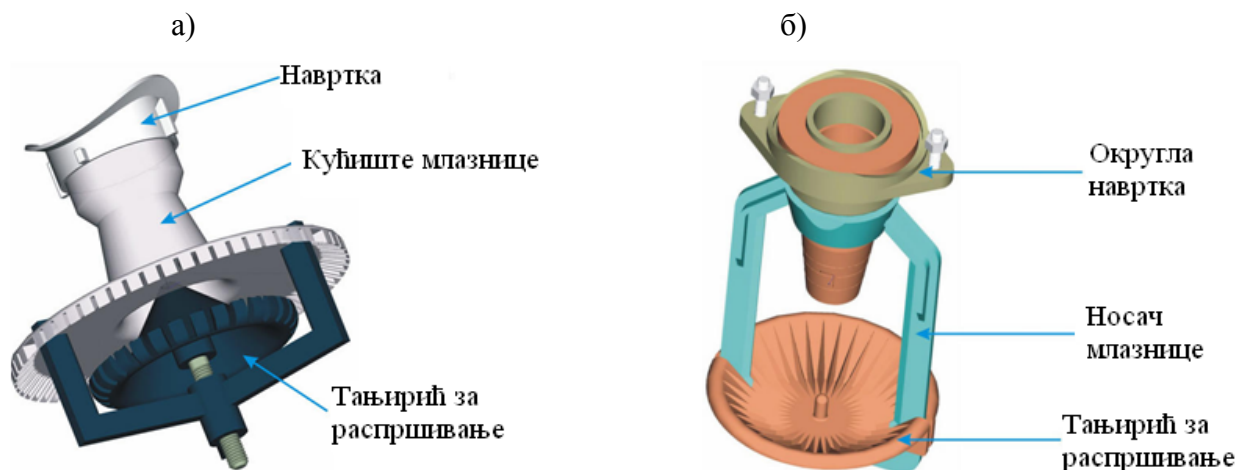
Млазнице морају бити отпорне на утицаје хемикалија у води које се користе у расхладним торњевима, на корозију и зачепљење због нерастворивих честица из расхладне воде. Млазнице треба да буду лако замјенљиве, погодне за уградњу и одржавање унутар расхладног торња. Промјене нивоа протока воде или брзине протока ваздуха не смију утицати на радне карактеристике млазница. Равномјерно покривање до ивица испуне захтијева постављање млазница у близини зидова да би се задржала шема преклапања. Резултат тога је да велики дио воде из ивичних млазница заврши на самом зиду торња.

2) Водене капљице

Капљице морају имати уједначен пречник, од 1 до 2 mm. Мање капљице воде брже се хладе од већих због веће контактне површине са ваздухом. Код расхладних торњева, млазнице ниског и средњег притиска користе висину воденог стуба од 0,5 до 1,5 m. Пречник капљица у зони распршивања зависи од нивоа протока воде, што је већи проток воде то је мања величина капљице због пада притиска на распршивачу. Утицај пречника капљице у зони распршивања на водено оптерећење може се приписати структури млазнице [6].

3) Дистрибуција воде

Дистрибуција воде треба омогућити уједначено квашење материјала испуне. Не смије доћи до цурења из млазница низ носиву структуру цијеви за дистрибуцију воде како би се избјегло стварање локализованих водених токова. Млазнице се морају поставити тако да нема преклапања и празнине код распршивања по површини испуне. Промјене протока воде или брзине протока ваздуха не смију утицати на укупну дистрибуцију воде у расхладном торњу. Испуњавањем ових услова могуће је постићи максимални пренос топлоте и оптималне радне перформансе млазница у расхладном торњу. На слици 2. приказан је изглед два типа млазница који се користе у великим расхладним торњевима.



Слика 2. Млазнице за распршивање: а) RT 36 и б) RT 240B

Млазница типа RT 36, приказана на слици 2.а, предвиђена је за већа хидрауличка оптерећења са унутрашњим отвором 36 mm. Ово омогућава смањење броја млазница у расхладном торњу. Млазница има доњи тањир за распршивање, који се подешава помоћу вијка отпорног на корозију. Тако се распршивање може мијењати и прилагођавати према потребама зависно од промјене притиска. Млазница типа RT 240B, представљена на слици 2.б, има доњи тањир за распршивање. Због тога се карактер распршивања може промијенити само промјеном притиска. Унутрашњи отвор млазнице се може мијењати резањем њене конусне конструкције на испусту. Њена конструкција је пројектована за веће притиске и већа механичка оптерећења, зато је прикладна за кориштење у великим расхладним торњевима [4].

III. ПРОВЈЕРА РАСХЛАДНОГ УЧИНКА ВЛАЖНОГ РАСХЛАДНОГ ТОРЊА

У влажном расхладном торњу дистрибутор воде састоји се од централног узлазног канала, четири главна армирано-бетонска канала и споредних армирано-бетонских канала који су међусобно повезани. На коти +8,720 m уграђен је радни PVC цјевовод DN 300, 250, 150 и 100 mm са млазницама типа RT 240, пречника 28 mm. Висина уградње цјевовода одређена је због постизања оптималне висине воде на млазницама. У цијелом разводу воде уграђено је 4548 млазница са висином воденог стуба $H = 0,94$ m.

Параметри расхладног торња су:

- топлотни учинак: $Q = 400,9$ MW,
- проток расхладне воде у торњу: $q_w = 36\ 730$ m³/h,
- пад температуре воде: $\Delta t = 9,4$ °C,
- температура воде на улазу: $t_{w1} = 40,4$ °C,
- температура воде на излазу: $t_{w2} = 31$ °C,
- температура спољашњег ваздуха: $t_s = 30$ °C
- релативна влажност спољашњег ваздуха: $\phi = 55$ %,
- температура влажног термометра: $t_{WB} = 22,8$ °C.

Испитивање је извршено у складу норми DIN 1947. Ради провјере расхладног учинка расхладног торња обезбијеђени су:

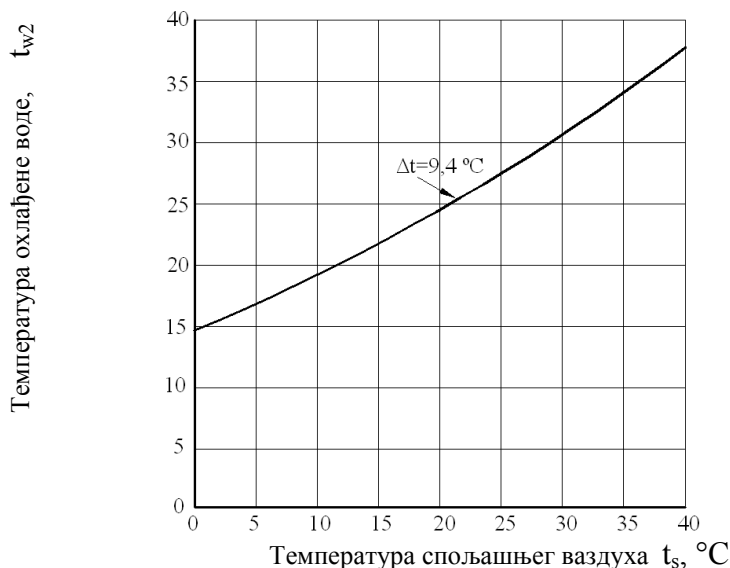
- температура загријане и охлађене воде,
- водено оптерећење,
- температура околног ваздуха,
- притисак околног ваздуха.

Просјечно одступање температуре охлађене воде према температури захтјеваних техничких параметара износи: $\bar{\Delta}t_G = 2,0$ °C. Укупна толеранција за поређење расхладног учинка је: $\delta t_{ges} = \pm 0,9$ °C.

Вриједност протока расхладне воде у торњу није одговарала нормативу DIN 1947, па је цијело вријеме испитивања била већа за 18% од пројектне вриједности. Приликом тако

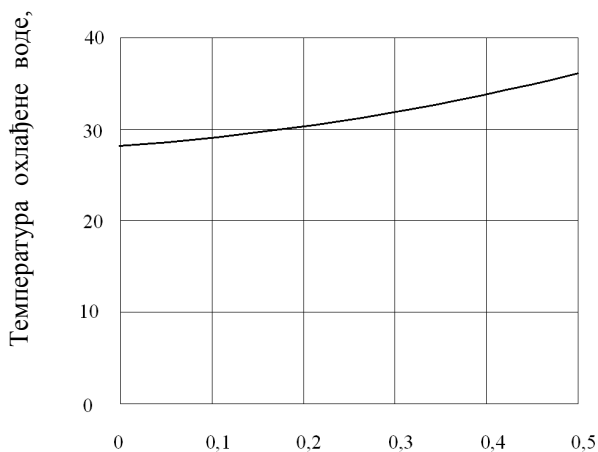
високог протока расхладни торњак може се понашати нестандартно. Расхладна испуна ће се препунити водом, ограничиће се проток ваздуха и видљиво се погоршати расхладни учинак. У том случају, због повећаног протока расхладне воде температуре охлађење воде може се повећати од 2 до 3 °С.

На слици 3. представљена је крива хлађења добијена на основу наведених параметара влажног расхладног торња уз услов да је укупна висина слоја испуне 1,5 m. У овом случају пад температуре воде је 9,4 °С.

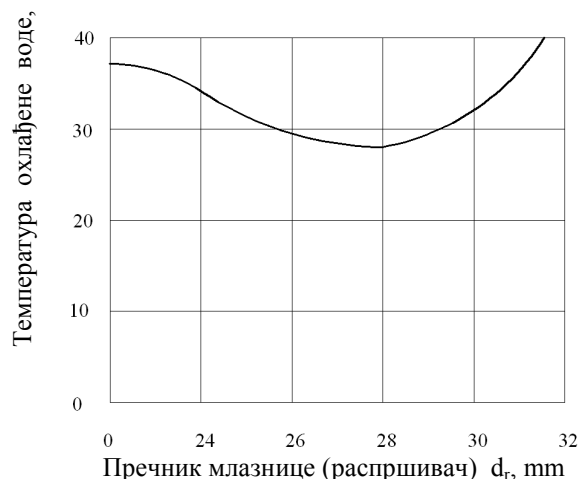


Слика 3. Крива хлађења

На слици 4. приказана је зависност температуре охладне воде од коефицијента неравнојерности дистрибуције воде по површини попречног пресјека влажног расхладног торња. Са повећањем коефицијента ψ вриједност температуре t_{w2} се повећава за пар степени. На слици 5. представљен је утицај пречника млазнице на вриједност температуре охладне воде. За представљене параметре расхладног торња са повећањем или смањењем пречника млазница такође долази до раста температуре охладне воде у влажном расхладном торњу.



Слика 4. Крива зависности температуре охладне воде од коефицијента неравнојерности дистрибуције воде



Слика 5. Крива зависности температуре охладне воде од пречника млазнице (распршивача)

А.

IV. ЗАКЉУЧАК

У раду је анализиран утицај глобалне и локалне дистрибуције воде на ефекат хлађења. Посебно је истакнут значај карактеристика млазница као и врсте млазница које се најчешће

користе у влажним расхладним торњевима. У извршеном истраживању представљени су основни елементи дистрибутора воде. На основу спроведених мјерења утврђено је одступање протока воде од вриједности које су дозвољене према норми DIN 1947. Као последица тога долази до повећања температуре охлађене воде од 2 до 3°C. То се може десити и повећањем степена неравномјерности дистрибуције воде по површини попречног пресека, али и промјеном пречника млазнице чија је зависност приказана помоћу представљених кривих.

V. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Голубовић, Д.: Хлађење воде у влажним расхладним торњевима са аспекта струјања ваздуха, Конгрес о KGH, SMEITS, Београд.
- [2] Golubović, D., Milić, D., Stanić, S., Drakulić, Đ.: Analysis of energy efficiency by change of characteristics of fillings in cooling towers, Društvo termičara Srbije, Divčibare, 2013.
- [3] Stanojevic, M., Radic, D., Simic, S., Todorovic, D., Karlicic, N.: Energy efficiency parameters of aeration systems in water treatment, Industrial energy and environmental protection in South Eastern European Countries, IV Regional Conference, IEEP '13, Divčibare, 26-29.06.2013.
- [4] Стијачић, С.: Утицај глобалне и локалне дистрибуције воде на интензитет хлађења у влажним расхладним торњевима, Магистарски рад, Машински факултет Универзитета у Источном Сарајеву, Источно Сарајево, 2014.
- [5] *** Технические указания по расчету и проектированию башенных противоточных градирен для тепловых электростанций и промышленных предприятий, Энергия, Лењинград, 1971.
- [6] Qureshi, B., Zubair, S.: A complete model of wet cooling towers with fouling in fills, Mechanical Engineering Department King Fahd University of Petroleum and Minerals, 2005.
- [7] Viljoen, D. J.: Evaluation and performance prediction of cooling tower spray zones, Department of Mechanical Engineering University of Stellenbosch, December 2006.