

# Jedno viđenje problematike razvoja, proizvodnje i primene termopumpi u Jugoslaviji

**Prof. Sava Vujić, dipl. inž.,  
Mašinski fakultet,  
11000 Beograd,  
27. marta 80**

U posleratnoj obnovi i izgradnji zemlje, nastala je i brzo se razvijala i proizvodnja rashladnih uređaja, kao neminovna privredna potreba. Jugoslavija je mediteranska zemlja, sa relativno toplom klimom, gde je proizvodnja hrane jedna od ključnih privrednih delatnosti, dok je devizni prihod od turizma važna stavka u spoljnotrgovinskom bilansu. Dodamo li tome i potrebe savremene industrijske tehnologije i potrebe u skoro svakoj delatnosti savremenog radnog čoveka za klimatizacionim uređajima, lako dolazimo do zaključka o ne maloj važnosti industrije rashladnih uređaja u sklopu privrede naše zemlje. U članku je reč o razvoju i proizvodnji jednog takvog uređaja — termopumpi.

Termopumpa je u suštini rashladni uređaj. Ona funkcioniše po istim principima bez obzira da li je to kompresorska, apsorpciona ili neka druga mašina i ima iste komponente kao i rashladna mašina, samo se najčešće koristi na drugi način. U razmatranjima koja sledeće, ograničićemo se na kompresorske termopumpe, odnosno rashladne uređaje, budući da oni imaju dominantni privredni značaj u našoj zemlji, a moglo bi se reći i u svetu, pri čemu ćemo se poslužiti dosta uobičajenom, mada ne i uvek najpogodnijom podelom na uređaje za domaćinstva i uređaje komercijalnog i industrijskog tipa. Ponekad se koriste i efekat hlađenja i efekat grejanja, pa je u takvim slučajevima nemoguće reći da li je to rashladni ili termopumpni uređaj. Proizvodnja termopumpi je zasnovana na proizvodnji komponenata rashlad-

nih uređaja i postoji samo mali broj komponenata koje se prave specijalno za toplotne pumpe. Ovo implicira i određene probleme u priličnom broju slučajeva primene termopumpi koji bi se mogli relativno lakše rešiti proizvodnjom, na primer, specijalnih kompresora. Međutim, današnje mogućnosti za plasman termopumpi i u najrazvijenijim zemljama još uvek ne dozvoljavaju rentabilnu proizvodnju ovakvih kompresora.

Pored ovih opšte poznatih činjenica, za razmatranje problematike razvoja primene i proizvodnje termopumpi u našoj zemlji, može da bude od koristi da se u grubim crtama podsetimo pređenog razvojnog puta i da pokušamo da ustanovimo dokle smo stigli i šta smo postigli na polju razvoja proizvodnje rashladnih uređaja i termopumpi.

Dostignuća u razvoju proizvodnje rashladnih uređaja u Jugoslaviji bila su zaista zavidna do oko sredine šezdesetih godina, kada je ovaj razvoj počeo da se usporava zbog orijentacije na uvoz rashladnih uređaja uglavnom na račun inostranih kredita. Pri tome smo sve više zapostavljali sopstvene razvojne potencijale, nastojeći da se što više oslonimo na inostrane kooperante, po mogućnosti uz kupovinu licenci. U takvim aranžmanima smo išli linijom manjeg otpora, uzimajući na sebe proizvodnju ili izradu komponenata nižeg ili najnižeg tehnološkog nivoa, dok smo uvozili ne samo ono što je bilo tehnološki složenije, već i ono za šta danas nikako ne možemo naći opravdanje. Rasparčavanje jugoslovenskog tržišta i zatvaranje njegovih delova još je više doprinelo stagnaciji i obezvređivanju onoga što je ranije postignuto. Za isti oskudni asortiman komponenata koje smo proizvodili umnožavali su se proizvodni kapaciteti, u kojima, donekle sa izuzetkom proizvodnje frižidera za domaćinstva, tehnologija nije bila na zadovoljavajućem nivou. Do tada stečena razvojna iskustva su se gubila, a rasparčavanjem i usitnjavanjem proizvodnje gubila se ekonomska sposobnost za razvoj.

Početak šezdesetih godina počelo se sa proizvodnjom hermetičkih kompresora za frižidere za domaćinstva po licenci firme AEG. Proizvedeno je nekoliko desetina hiljada komada, pa je onda proizvodna linija demontirana, jer se zaključilo da nije rentabilna i da je ekonomičnije

ove kompresore uvoziti i plaćati ih frižiderskim ormanima. Naše fabrike frižidera za domaćinstva borile su se sa nevoljama nedovoljnog iskorišćenja predimenzionisanih i višestruko umnoženih, relativno savremeno opremljenih, proizvodnih kapaciteta. Dvadesetak godina kasnije ponovo kupujemo dve licence za proizvodnju hermetičkih kompresora za frižidere za domaćinstva i investiramo u dva ovakva proizvodna pogona. U međuvremenu, uveli smo u više fabrika proizvodnju zamrzivača za domaćinstva i prozorske klimatizere, uvozeći za njih hermetičke kompresore. Ovi proizvodi i delovi za njih osvajaju se trostruko ili četvostruko, kao što je to bilo i sa frižiderima.

Razvoj komercijalnih kompresora je bio zastavljen sve većim uvozom. Skromnom asortimanu poluhermetičkih komercijalnih kompresora nismo dodali ništa novo tokom dvadesetak godina. Uvoz hermetičkih kompresora odgovarajućeg kapaciteta znatno je smanjio domaću proizvodnju, koja je uz to bila i podeljena. U takvim okolnostima nije bilo uslova za neki značajniji rad na razvoju komercijalnih kompresora. Izvestan napredak postignut je u proizvodnji lamelasto orebrenih isparivača i kondenzatora u vidu bakarnih cevi sa aluminijumskim rebrima, zahvaljujući porastu proizvodnje klima-ormana i potrebama klimatizacije sa izmenjivačima toplote ovog tipa. Naravno, i klima-ormani i ostali uređaji komercijalnog tipa takođe se razvijaju i osvajaju višestruko.

U toku poslednjih deset do petnaest godina učešće uvoznih stavki u ukupnoj ceni rashladnih instalacija za hladnjače je bio stalno u porastu, dok smo uoči toga perioda stigli dotle da smo izvozili rashladne uređaje za hladnjače uvozeći samo automatiku. Zapostavili smo dalji rad na proširenju asortimana komponenata rashladnih uređaja i relativno smo malo šta uradili na modernizaciji postojećeg asortimana i na poboljšanju kvaliteta proizvoda. Proizvodnja industrijskih rashladnih uređaja se usitnjavala u sve veći broj relativno manjih preduzeća, čija se tehnologija proizvodnje nije mogla brzo udaljavati od poluzanatskog nivoa.

Ovakva naša industrija rashladnih uređaja nije bila u mogućnosti da bude visoko rentabilna. Akumulacija je jedva bila dovoljna da se ekonomski opstane. Opstalo se, najčešće, više zahvaljujući tržišnom zatvaranju nego konkurentnoj sposobnosti. Za investiranje u razvoj nije preostajalo finansijskih sredstava, a nije se uostalom ni videla neka velika potreba da se u razvoj investira, pa zato i nije bilo većih prodora u smislu proširenja asortimana, poboljšanja kvaliteta i značajnijih izvoznih uspeha. Ovakvo stanje je bilo karakteristično za veliki deo jugoslovenske industrije i proizvođači rashladnih uređaja nisu mogli da budu izuzetak.

Poslednjih nekoliko godina, otkada su se privredne teškoće krajnje zaoštrile, razvojna delatnost proizvođača rashladnih uređaja osetno je oživela. Usled veoma otežanih uvoznih mogućnosti, naročito iz zemalja sa konvertibilnim valutama, u razvoj proizvoda i unapređenje tehnologije ulaže se sve više i pored velikih finansijskih teškoća. Pojavljuju se novi ili inovirani kompresori,

rashladni uređaji i agregati i intenzivno se radi na poboljšanju kvaliteta izmenjivača toplote. Osvojena je kompresorska toplotna pumpa vazduh-vazduh, pogodna za individualne stambene zgrade, radi se na osposobljavanju klima-ormana iz postojeće proizvodnje da funkcionišu i kao toplotne pumpe, izvode se toplotno-pumpni uređaji industrijskog tipa za hotele i za razne potrebe privrede, pretežno modifikacijama jedinica za hlađenje vode za klimatizaciona postrojenja («water chiller»). Mada su ovi uspesi u pogledu obima proizvodnje početni, a odgovarajući ekonomski efekti mršavi, predstavljaju ohrabrujući znak da je naš razvoj ponovo krenuo.

Oživljavanje razvojne delatnosti na proširenju asortimana komponenata rashladnih, a time i termopumpnih uređaja, na podizanju nivoa kvaliteta proizvoda, kao i na modernizaciji proizvodne tehnologije, obećava stvaranje boljih uslova za razvoj primene termopumpi u našoj zemlji, kada opšte ekonomske prilike budu za to pogodnije.

Termopumpa zahteva komponente visokog kvaliteta, jer se lošije karakteristike bilo koje komponente (kompresor, izmenjivači toplote, cevovodi sa armaturom) od projektovanih, odražavaju na ekonomiku eksploatacije, pa ona ili ne ostvaruje predviđenu uštedu kvalitetne energije, ili mora da bude predimenzionisana odnosno skuplja. Termopumpi se u pogledu tehn-ekonomskog efekta daleko oštrije sudi nego rashladnom uređaju, što je posledica namene jednog i drugog uređaja. Naši sadašnji uslovi proizvodnje komponenata (usitnjena proizvodnja, niska produktivnost), ne mogu da obezbede cene koje bi termopumpama stvorile bolje perspektive plasmana. Termopumpa je skup uređaj koji dugoročno vraća uložene investicije, pa naša celokupna ekonomska situacija nije nimalo pogodna za uspešan plasman termopumpi, čak kada bi ih sada i mogli jeftinije i kvalitetnije proizvoditi.

Na osnovu ovih činjenica moglo bi se odbraniti stanovište da je osnovni problem razvoja domaće proizvodnje termopumpi zapravo problem razvoja ekonomičnijih i kvalitetnijih komponenata rashladnih uređaja, u prvom redu kompresora i izmenjivača toplote. Što se tiče kompresora, problemi se sastoje više u nedovoljnom asortimanu i potrebi racionalnije proizvodnje radi snižavanja cene nego u poboljšanju i doterivanju performansi. Na poboljšanju kvaliteta izmenjivača toplote svih vrsta i racionalizaciji tehnologije njihove proizvodnje, predstoji mnogo posla, počev od iznalaženja i obezbeđivanja boljih materijala, preko optimizacije konstrukcija, do metoda eksperimentalnih verifikacija njihovih radnih karakteristika. Pitanje freonske armature i fittinga takođe još nismo rešili na zadovoljavajući način. Savremena primena elektronike i mikroprocesora pruža nam nove mogućnosti za rešavanje automatizacije rashladnih i termopumpnih uređaja. Bez obzira da li je kod nas primena termopumpi dovoljno razvijena ili nije, pomenute zadatke ćemo morati da rešavamo, jer moramo razvijati proizvodnju rashladnih uređaja.

Proizvođači rashladnih uređaja i njihovih komponenata moraju da ulože posebne napore da

organizuju razvojni rad i obezbede njegovo finansiranje, jer će to da bude jedan od osnovnih uslova opstanka. Ni zasnivanje budućnosti na saradnji sa inostranim kooperantom neće moći da se uspešno ostvari bez odgovarajućeg razvojnog rada. Ono što se uvozi mora nečim da se plati, a proizvodi za izvoz takođe moraju da budu visokokvalitetni. Isključivo oslanjanje na institute i fakultete bez sopstvene razvojne delatnosti ne može da obezbedi sve potrebe, naročito ne u pogledu tehnologije proizvodnje, niti može da obezbedi kontinualni razvoj. Instituti i fakulteti ne mogu da budu kompletni razvojni servisi za sve proizvođače, jer im to nije ni osnovni zadatak. Proizvođači moraju da imaju svoje kadrove za razvojnu delatnost i svoje razvojne laboratorije i ispitne stanice u kojima se permanentno radi na unapređenju proizvoda i kontroli njihovog kvaliteta. Instituti i fakulteti time dobijaju njima odgovarajuće zadatke: da obrazuju i osposobljavaju kadrove za razvojnu delatnost, da unapređuju metode i opremu za merenje i eksperimentalna ispitivanja i da razvijaju naučne podloge za fabrički razvoj, radeći pri tome i na rešavanju specifičnih naučnoistraživačkih problema. Ovakva stalna saradnja između fabričkih razvojnih službi i instituta i fakulteta je praksom dokazani preduslov za dobre razvojne rezultate.

Ispunjenje pomenutih uslova za efikasan razvoj ne isključuje kupovine licenci i znanja od industrijski razvojenih i renomiranih partnera. To ceo svet radi, čak i najrazvijeniji razmenjuju na taj ili neki drugi način vrhunska tehnička dostignuća i iskustva, ali veoma selektivno i smišljeno. No time najčešće ne postaju pasivni korisnici kupljenog znanja i iskustva, jer tako mogu da rade samo dotle dok ono ne zastari, već ga veoma aktivno koriste za unapređenje sopstvenog razvojnog rada.

Međusobna saradnja domaćih proizvođača rashladnih i termopumpnih uređaja znatno bi olakšala rešavanje pomenutih razvojnih zadataka. Do željenih rezultata došlo bi se znatno brže i sa daleko boljim ekonomskim efektima. U ovom trenutku naše privredne stvarnosti to možemo samo priželjkivati, jer su međe koje takvim kretanjima stoje na putu na žalost za sada neprelazne. Možemo se samo nadati da će mere ekonomske stabilizacije stvoriti takve tržišne uslove da će samoupravno povezivanje i dogovaranje domaćih proizvođača rashladnih uređaja biti ekonomska neminovnost. Pri tome ne treba misliti da je zdrava privredna konkurencija nepotrebna i štetna. Naprotiv, onaj ko bude u stanju da ostvari kvalitetnije proizvode i rentabilniju proizvodnju, opstaće čak i u današnjim uslovima privređivanja, a jedan od temeljnih preduslova za to je sopstvena intenzivna razvojna delatnost.

Zastoj u razvoju sopstvene tehnologije i oslanjanje skoro isključivo na uvoz tehnologije i tehnološki složene komponente rashladnih uređaja stavio nas je sada pred veoma teške kadrovske probleme. Stručni i kreativni rad na razvoju i u proizvodnji je bio potcenjen, pa su se stručnjaci koji su radili u oblasti klimatizacije i rashladnih uređaja pretežno orijentisali na projek-

tantsku delatnost koja je bila veoma unosan posao u vreme ekspanzije ulaganja na teret inostranih kredita.

Duži niz godina na stručnim skupovima posvećenim klimatizaciji, grejanju i hlađenju dominiraju saopštenja u kojima se tretiraju problemi projektovanja. Retka su saopštenja o problemima i našim dostignućima u konstruisanju, proizvodnji i primeni domaćih proizvoda, o poboljšanju njihovih karakteristika, o metodama i opremi za eksperimentalno ispitivanje pojedinih komponenta i kompletnih uređaja. Ovu prazninu su donekle ispunjavali inostrani učesnici, iznoseći nam razna interesantna rešenja uređaja i postrojenja iz kojih se vide ove ili one prednosti kompresora ili nekih drugih komponenta inostranih proizvođača za datu svrhu.

Razvoj domaće proizvodnje mernih instrumenata i opreme pruža dosta dobre mogućnosti da se eksperimentalna ispitivanja uređaja i njihovih komponenta izvode bez većih deviznih troškova. Naši instituti i proizvođači merne tehnike zainteresovani su za saradnju na ovom polju, jer se na taj način i njima proširuju mogućnosti za plasman proizvoda.

Sa razvojem naše eksperimentalne tehnike nameću se i problemi standardizacije metoda ispitivanja i iskazivanja karakteristika uređaja i komponenta. Ovo pitanje nije važno samo za primopredajni postupak koji sprovode kupac i proizvođač odnosno izvođač uređaja ili postrojenja, već je možda još važnije za primopredajnu kontrolu komponenta u okviru proizvodne kooperacije proizvođača rashladnih i termopumpnih uređaja i njihovih komponenta. Postojećim ISO standardima ne mogu da se reše sva pitanja koja praksa nameće, pa se sve razvijene zemlje služe i svojim nacionalnim standardima. U ovoj fazi našeg razvoja, a verovatno još duže vreme, nećemo biti uvek u stanju da pri izvođenju eksperimentalnih ispitivanja zadovoljimo ove standarde, pa se moramo dogovarati oko prelaznih ili kompromisnih rešenja. Ovakvoj praksi se ponekad pribegava čak i u SAD gde, na primer, iznenađujuće mali broj firmi može da izvede strogo po standardima »suvi« test isparivača za hlađenje vazduha.

O tome kako napreduje primena termopumpi u našoj zemlji nismo uspeli da nađemo srede i pouzdane podatke. Ranijih godina bilo je izvedeno nekoliko termopumpnih uređaja u mlekarama. U Herceg-Novom je pre oko petnaest godina radila jedna eksperimentalna termopumpa za grejanje plastenika za gajenje paradajza, čiji je isparivač bio zakopan u tle. Eksperiment je u ono vreme pokazao da se za ovakve svrhe mora proizvesti tehnički pouzdaniji termopumpni uređaj i da se onda može postići zadovoljavajući funkcionalni i ekonomski efekat. U poslednje vreme izvedeno je više termopumpnih postrojenja na bazi rashladnih jedinica za pripremu hladne vode za klimatizaciju koji su osposobljeni da funkcionišu kao termopumpe, da bi se grejala voda za zagrevanje prostorija i za sanitarne potrebe. Verovatno je da ima još dosta izvedenih termopumpnih uređaja i velika je šteta što ova dosadašnja iskustva nisu prikupljena, sređena i analizirana, jer bi to

bio dragoceni materijal za planiranje daljeg razvoja primene termopumpi u našoj zemlji.

Izgleda da se najbolji put za početak šire primene termopumpi kod nas nameće sam od sebe, a to je osposobljavanje klimatizacionih rashladnih uređaja da mogu da funkcionišu i kao termopumpe. Pomenuto je da smo to već uspešno ostvarili sa rashladnim jedinicama za pripremu hladne vode za klimatizaciju («water chiller»-i ili rashladne stanice), a na dobrom putu je da se to reši i sa klima—ormanima. Osposobljavanje prozorskih klimatizera da rade i kao termopumpe, uz prilagođavanje našim klimatskim uslovima moglo bi da bude dobra zamena električnim grejalicama, bar u prelaznim periodima i da se na taj način doprinese naporima za uštedu električne energije. U SR Nemačkoj se već mogu kupiti frižideri čiji kondenzatori pripremaju toplu vodu u kuhinjama. Sve veći broj sopstvenika individualnih stambenih zgrada pokazuje interesovanje da svoje probleme grejanja reše pomoću termopumpe. U tome su verovatno neki i uspeali, rešavajući probleme uz pomoć visprenih majstora, jer im naša industrija nije mogla direktno pomoći.

Neka istraživanja mogućnosti primene termopumpi u našoj zemlji su već vršena i mogu da posluže kao dobra osnova za dalje ispitivanje našeg tržišta. Proizvođačima klima-ormana i prozorskih klimatizera izgleda da sada ide dobro, uprkos privrednim teškoćama i to bi se moglo shvatiti kao znak da bi početak plasmana termopumpi takođe mogao da ima dobre izgleda. Za područje blage klime i za naselja na terenima bogatim podzemnim vodama, nekoliko modela termopumpi vazduh-voda i voda-voda, namenjenih za grejanje individualnih stambenih zgrada, mogao bi da bude sledeći korak ka široj primeni termopumpi. Za ovo je potrebno prilagoditi snage elektromotora poluhermetičkih kompresora iz postojeće proizvodnje, proširiti njihov asortiman za možda dve veličine i rešiti proizvodnju odgovarajućih izmenjivača toplote rashladni fluid-voda. To što nemamo proizvodnju hermetičkih kompresora ne bi trebalo da bude ozbiljnija prepreka za ovakav razvoj, jer ima dosta renomiranih inostranih firmi koje ovakve potrebe uspešno rešavaju poluhermetičkim kompresorima kojima se mogu lepō rešiti i još mnogi uređaji.

Za što efikasniju primenu u tehnici grejanja i termopumpi koje koriste za toplotni izvor spoljašnji vazduh i termopumpi koje su spregnute sa uređajima za korišćenje solarne energije, treba imati što bolju mogućnost akumuliranja toplote. Korišćenje vode za akumulaciju toplote je skupo, pa se u svetu ulažu znatni istraživački napor u cilju iznalaženja ekonomičnijih rešenja.

Pored primene većih rashladnih jedinica sa kompresorima industrijskog tipa za hlađenje vode, prilagođenih da rade kao postrojenja sa uređajima za korišćenje solarne energije, za korišćenje otpadne toplote na relativno niskom temperaturnom nivou u kombinaciji sa raznim toplotnim uređajima sa spoljnim i unutrašnjim sagoravanjem goriva itd., ovakve jedinice pobuđuje sve veće interesovanje u našoj industriji za rešava-

nje raznih problema korišćenja otpadne toplote. U slučajevima kada temperature između kojih termopumpa treba da radi nisu visoke, ovakvi problemi se mogu rešiti na zadovoljavajući način termopumpama koje smo u stanju da proizvedemo ili koje već proizvodimo. Ali kada termopumpa treba da radi sa temperaturama kondenzacije oko 100°C ili iznad ove temperature, pojavljuju se problemi koji ni u razvijenim zemljama još nisu rešeni na zadovoljavajući način. Ušlo je već u praksu da se u stručnim i naučnim komunikacijama ovakve termopumpe nazivaju visokotemperaturnim termopumpama.

Za visokotemperaturne termopumpe kritični problem je izbor radnog fluida i odgovarajućeg ulja za podmazivanje. Sa porastom temperature raste rastvorljivost fluida i ulja, a sa porastom rastvorljivosti na ovim temperaturama toliko se menjaju svojstva i fluida i ulja, da se to mora uzeti u obzir i pri konstruisanju komponenata termopumpe, a takođe i u njenoj eksploataciji. Od rashladnih fluida koji se danas koriste, mali broj je ispitan u pogledu pogodnosti primene u ovim uslovima. Zasad izgleda da je jedino R114 pogodan i to samo do temperature kondenzacije od oko 120°C, dok za više temperature preostaje, dok se ne nađe povoljnije rešenje, samo voda i pored nekih svojih nepodobnih termodinamičkih osobina. Teškoće koje nastaju zbog nepovoljnih interakcija radnog fluida i ulja pri temperaturama iznad 100°C, pokušavaju se izbeći bezuljnim kompresorima. Sa klipnim kompresorima će to da ide teže, dok se vijčanim i turbokompresorima, pa i sa rotacionim kompresorima, pre može doći do ovakvih dobrih rešenja, tim pre što su za industriju potrebne visokotemperaturne termopumpe pretežno velikih toplotnih učinaka. Zbog pomenuatih teškoća veoma je mali broj saopštenja u kojima se prikazuju visokotemperaturne termopumpe u pogonu koji je više eksperimentalne prirode.

Pregrevanje pare na kraju kompresije je od velikog značaja za visokotemperaturne termopumpe ne samo zbog energetske efikasnosti, već i zbog hemijske stabilnosti rashladnog fluida i ulja za podmazivanje. Stoga pobuđuju sve veće interesovanje istraživanja mogućnosti rada kompresore sa vlažnim usisavanjem ili mogućnosti ulaska tokom kompresije u oblast vlažne pare, što bi bilo ostvarljivo sa rashladnim fluidima koji bi imali povoljnu gornju graničnu krivu.

Termodinamičke i termofizičke osobine danas korišćenih rashladnih fluida nisu dovoljno ispitane u domenu visokih temperatura. Zato se odgovarajući radni fluidi za visokotemperaturne termopumpe traže ne samo kroz iznalaženje novih supstanci već i kroz sistematsko teorijsko i eksperimentalno ispitivanje osobina poznatih rashladnih fluida, uključujući i one koji se ne koriste u klimatizaciji i rashladnim uređajima zbog toksičnosti i zapaljivosti, budući da zahtevi u mnogim granama industrije u pogledu ovih osobina nisu tako strogi. Veliki istraživački napor ulažu se u industrijski razvijenim zemljama u eksperimentalno i teorijsko proučavanje mogućnosti primene pogodnih zeotropnih ili azeotropnih binarnih smesa u kompresorskim termopumpama,

jer se tako mogu postići znatna tehnička i ekonomska poboljšanja i visokotemperaturnih i termopumpi koje rade sa temperaturama kondenzacije nižim od 100°C.

Primena pogodnih zeotropnih binarnih smesa pruža mnoge mogućnosti i poboljšanja učinka i efikasnosti kompresorskih termopumpi prvenstveno zahvaljujući promenljivim temperaturama isparavanja i kondenzacije i mogućnosti podešavanja pritiska u isparivaču i kondenzatoru. Poboljšavanje efikasnosti termopumpe usled promenljivih temperatura toplotnog izvora je utoliko veće ukoliko su promene temperature toplotnog izvora i ponora veće. Primenom raznih smesa i raznih koncentracija može se postići dobro prilagođavanje toplotnog učinka stvarnim potrebama sa manjim asortimanom serijski proizvođenih kompresora, a primenom sastava smese pomoću ugrađene destilacione kolone ili dodatnog specijalnog rezervoara može se postići kontinualna regulacija grejnog učinka. Podešavanjem radnih pritiska može se sa konstrukciono limitiranim pritiskom postići viša temperatura kondenzacije nego sa jednom čistom komponentom smese. Smanjenjem razlike pritiska u kondenzatoru i isparivaču, uz iste temperature zasićenja, mehanički se rasterećuje kompresor i produžava se njegov vek trajanja. Kako će se iskoristiti ove mogućnosti za poboljšanje, zavisi od mnogih konstruktivnih i eksploatacionih faktora i ove mogućnosti se moraju ispitati za svaki tip primene termopumpe.

Primena binarnih zeotropnih smesa nameće i niz još nerešenih ozbiljnih problema, pa se termopumpe sa ovakvim radnim fluidima još uvek ispituju samo u laboratorijama. Istovremeno moraju se znatno proširiti saznanja i iskustva sa mnogih aspekata. Moraju se prikupiti postojeći i istražiti novi eksperimentalni podaci o termodinamičkim i termofizičkim svojstvima smesa i moraju se teorijski razraditi metode izračunavanja vrednosti ovih veličina pri drugim uslovima kao i metode proračunavanja i računске simulacije, naravno uz pomoć računara, ponašanja termopumpi sa zeotropnom binarnom smesom kao radnim fluidom. Laboratorijska iskustva su pokazala da se primenom ovakvih smesa osetno smanjuju vrednosti koeficijenata prelaza toplote u isparivačima i kondenzatorima verovatno zbog pojave dodatnog otpora prenosu mase, pa predstoje opsežna istraživanja ovih pojava. Različita termodinamička svojstva zeotropnih binarnih smesa u odnosu na ova svojstva čistih komponenata, a takođe i promene ovih svojstava sa promenom tipa i sastava smese, imaju uticaja i na odvijanje procesa kompresije i ostalih zbivanja u kompresorima, što takođe mora da se istraži. Zbog promenljive temperature isparavanja moraju se naći odgovarajuća konstruktivna rešenja termoekspanzionih ventila. Isticanje rashladnog fluida iz instalacije stvara ozbiljne eksploatacione probleme, jer isticanje ima za posledicu promenu sastava smese. Za pravilno dopunjavanje potrebno je poznavati sastav smese koja se u trenutku dopunjavanja nalazi u instalaciji. S obzirom na to da se zeotropnim binarnim smesama ekonomičnost termopumpe može da poboljša na mnogo načina, na kraju ovog

niza samo značajnijih problema treba navesti i potrebu da se prouče i razrade kriterijumi za optimalni izbor smese i njenog sastava kao i optimalno rešenje ciklusa i dimenzija komponenata termopumpe, u prvom redu izmenjivača toplote.

Odmah po izbijanju energetske krize u razvijenim industrijskim zemljama otpočelo se sa intenzivnim, veoma dobro organizovanim i na međunarodnom nivou koordiniranim istraživanjima mogućnosti uštede energije primenom termopumpi. Radne grupe Međunarodne agencije za energiju, sastavljene od eminentnih naučnoistraživačkih institucija iz SR Nemačke, Švedske, Austrije, Danske, Japana i SAD, realizovale su nekoliko obimnih istraživačkih projekata sa ciljem da se ocene mogućnosti primene i prodaje termopumpi i da se doprinese daljem tehničkom razvoju termopumpi koje rade na svim poznatim principima, prikupivši sva raspoloživa znanja i ispitujući mogućnosti sticanja novih saznanja. Ovaj napor je dao osetan doprinos vidnom razvoju primene termopumpi u svetu i to ne samo kompresorskih, već i apsorpcionih, koje su se u mnogim slučajevima primene pokazale kao prikladnije od kompresorskih. Ova istraživačka aktivnost se i dalje nastavlja i možemo uskoro da budemo, na žalost, više svedoci nego učesnici novih dostignuća na polju primene termopumpi.

Rezultate istraživanja radnih grupa Međunarodne agencije za energiju koristile su i vlade država članica Agencije u kreiranju energetske politike. Prema informacijama iz SR Nemačke, u ovoj zemlji je termopumpama uštedeno oko 5% tečnog goriva koje se troši za potrebe grejanja u domaćinstvima. Iz ovog i sličnih iskustava, a i na osnovu istraživanja tržišta u svetu, pa i istraživanja naših istraživača o mogućnostima primene termopumpi u Jugoslaviji, nije teško izvući zaključak da se samo pomoću termopumpi ne mogu rešiti problemi uštede energije i rasterećenja elektroenergetske mreže, ali da primena termopumpi može osetno i racionalno da doprinese rešavanju ovih problema. Da bi se ova mogućnost iskoristila, potrebni su, po ugledu na druge, dobro organizovani istraživački i razvojni naponi. Izgleda da je to i najveći problem razvoja proizvodnje i primene termopumpi u Jugoslaviji.

