

UDK 66.047.1:536.717

Termodinamične lastnosti zmesi plinov in par topil

MIRAN OPREŠNIK — UROŠ MIKOŠ

Obravnavane so lastnosti zmesi plinov (zrak, dušik, ogljikov dioksid) in par topil (benzen, metanol, toluen) in izdelani računalniški programi za njihov izračun.

Pri sušenju različnih snovi ni vedno zrak sprejemnik par, ki jih je treba odstraniti. V kemični, farmacevtski, procesni in živilski industriji imamo pogosto opraviti s snovmi, ki vsebujejo različna topila. V takšnih primerih je včasih treba uporabiti namesto zraka nevtralen plin, npr. dušik ali ogljikov dioksid, saj tvorijo hlapi topil z zrakom eksplozivne zmesi. Za topila, ki smo jih izbrali v tej obravnavi, je eksplozijsko območje pri benzenu med 1 in 8 % (prost.), pri toluenu med 1,2 in 7 %, pri metanolu pa med 5,5 in 26,5 %. Za spremljanje ustreznih procesov so bili izdelani programi za naslednje kombinacije snovi:

plin: zrak, ogljikov dioksid, dušik

topilo: benzen, metanol, toluen.

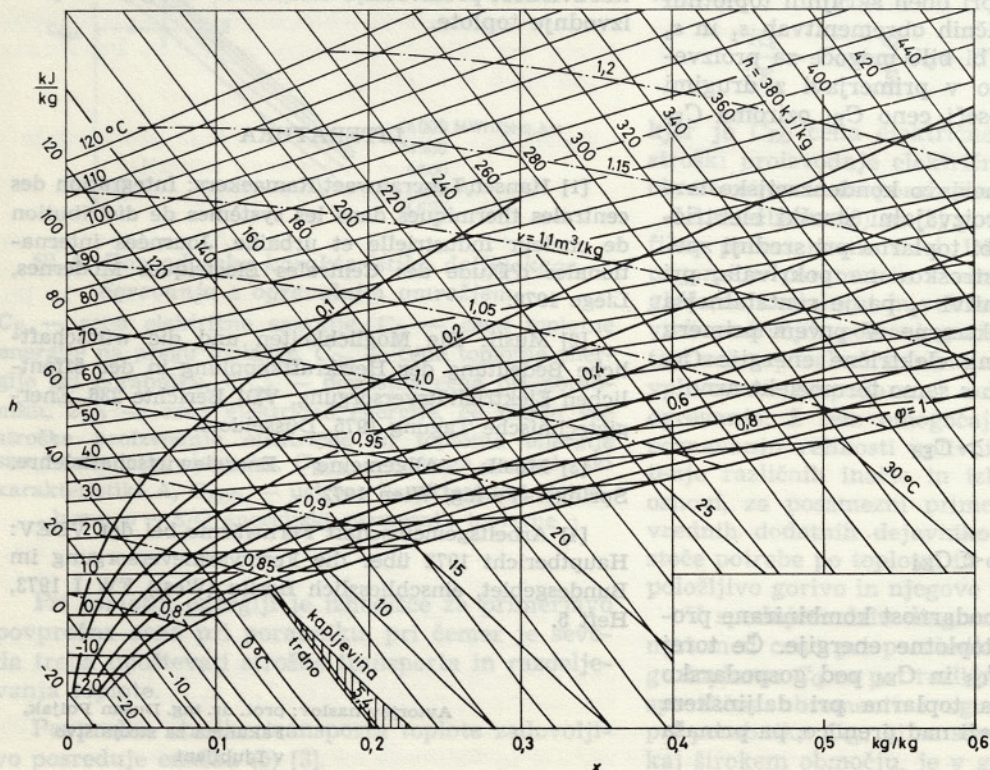
Lastnosti so izračunane za temperaturno področje od -20 do 120 °C, tlak pa ne sme prekoračiti vrednosti, pri katerih se plin ne bi več obnašal vsaj približno idealno. V vseh primerih je upoštevana temperaturna odvisnost specifičnih toplot tako plinov kakor tudi par in kapljevite faze.

Na sliki 1 je prikazan Mollierov diagram h, x za zmes zrak — benzen za področje vlažnosti do $x = 0,6$ kg/kg, na sliki 2 pa diagram za zmes dušik — toluen za vlažnosti do $x = 0,1$ kg/kg. V prvem primeru se lepo vidi, da je navzoča trdna faza pri temperaturah $t \leq 5,4$ °C. Oba diagrama sta risana za celotni tlak $p = 1$ bar, vrisane pa so tudi izohore.

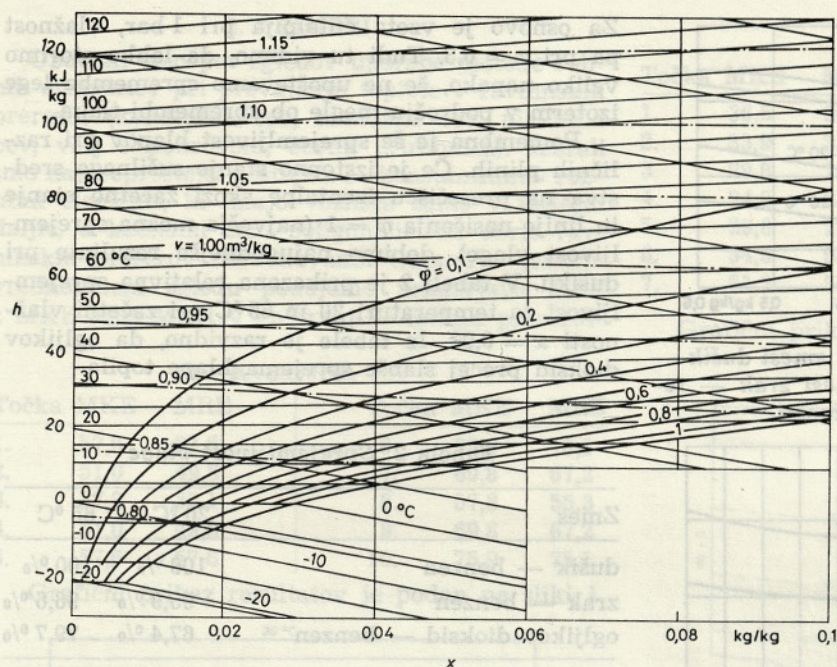
Da bi ugotovili, koliko si lahko pomagamo z diagramom za zmes zrak — topilo, če nimamo ustreznega diagrama za zmes drugega plina in istega topila, smo izračunali relativno odstopanje entalpije zmesi dušik — topilo v primerjavi z entalpijo zmesi zrak — topilo

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{h_{zx} - h_N}{h_{zx}} \cdot 100 \%$$

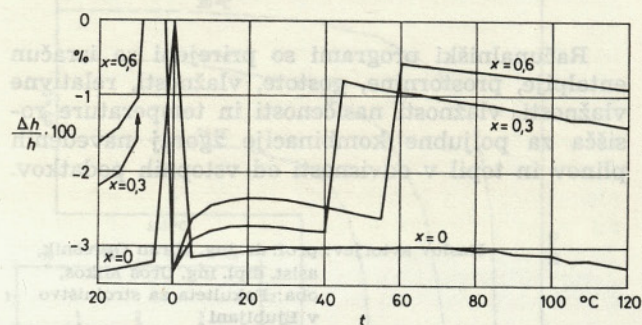
Pri tem je h_{zx} entalpija zmesi zrak — topilo in h_N entalpija zmesi dušik — topilo. Na sliki 3 je prikazano relativno odstopanje entalpije zmesi dušik — toluen v primerjavi z entalpijo zmesi zrak —



Sl. 1. Digram h, x za zmes zrak — benzen pri tlaku 1 bar



Sl. 2. h, x diagram za zmes dušik — tolueu pri tlaku 1 bar



Sl. 3. Relativno odstopanje entalpije zmesi dušik — tolueu v primerjavi z entalpijo zmesi zrak — tolueu v odvisnosti od temperature

tolueu v odvisnosti od temperature za različne vlažnosti. Iz diagrama je razvidno, da je entalpija zmesi dušik — tolueu praktično vedno večja od ustrezne entalpije zmesi zrak — tolueu in da je to odstopanje v mejah do 3,5 %. Do večjega odstopanja pride pri temperaturah okrog 0 °C (natančneje med -6 in -1 °C). Iz diagrama je tudi lepo razviden preskok vrednosti relativnega odstopanja pri prehodu iz nasičenega v nenasičeno področje. To

odstopanje je manjše pri zmesi v nenasičenem področju. Primer: pri vlažnosti $x = 0,6$ se pojavlja preskok med 55 in 60 °C. Če primerjamo relativno odstopanje entalpije zmesi dušik — benzen z entalpijo zmesi zrak — benzen, je odstopanje večje od 3,5 % v območju temperatur med -17 in -2 °C (tabela 1). Če pa je topilo metanol, je ob enaki primerjavi odstopanje večje od 3,5 % v območju temperatur med -20 in 35 °C. Iz navedenega izhaja, da bi lahko pri uporabi neustreznega diagrama naredili veliko napako. Pri tem je treba opozoriti, da smo v kombinacijo vzeli zrak in dušik, torej plina, ki sta si po svojih lastnostih blizu.

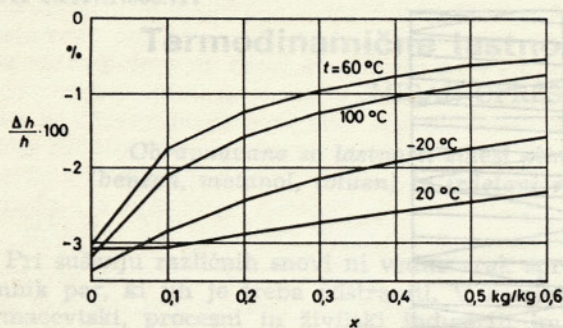
Na sliki 4 je prikazano relativno odstopanje entalpije zmesi dušik — tolueu od entalpije zmesi zrak — tolueu v odvisnosti od vlažnosti. Iz diagrama je razvidno, da se odstopanje z naraščajočo vlažnostjo zmanjšuje.

Na sliki 5 je prikazano relativno odstopanje entalpije zmesi zrak — tolueu v področju megle za različne tlake v odvisnosti od temperature

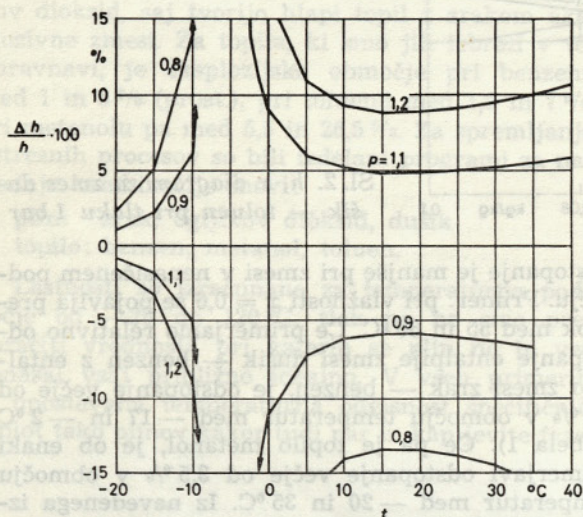
$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{h_{1 \text{ bar}} - h}{h_{1 \text{ bar}}} \cdot 100 \%$$

Tabela 1. RELATIVNO ODSTOPANJE ENALPIJE ZMESI DUSIK-BENZEN V PRIMERJAVI Z ENALPIJO ZMESI ZRAK-BENZEN

	FI= 0.	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
t °C							
-20	-3.34	-1.90	-1.33	-1.02	-0.83	-0.70	-0.60
-15	-3.29	-7.11	220.42	6.68	3.39	2.27	1.70
-10	-3.25	-3.80	-4.30	-4.96	-5.85	-7.13	-9.12
-5	-3.21	-3.47	-3.58	-3.69	-3.81	-3.94	-4.07
0	0.00	-1.86	-3.35	-3.35	-3.35	-3.35	-3.35
5	-3.14	-0.27	-3.25	-3.21	-3.17	-3.13	-3.09



Sl. 4. Relativno odstopanje entalpije zmesi dušik — toluen v primerjavi z entalpijo zmesi zrak — toluen v odvisnosti od vlažnosti



Sl. 5. Relativno odstopanje entalpije zmesi zrak — toluen v področju megle za različne tlake

UDK 536.21

Uporaba postopka robnih elementov pri prevajanju toplote v ravninskih prerezi

POLDE ŠKERGET — FRANC ČUJEŠ — ANDRO ALUJEVIČ

1. UVOD

Pri reševanju tehničnih problemov pogosto uporabljamo numerične postopke. Znani sta metodi končnih elementov (MKE) in končnih razlik (MKR). Za obe je značilna diskretizacija integracijskega območja na številne elemente ozir. vozlišča. Zato ta dva postopka imenujemo območni metodi. Vodilno enačbo problema (pri prevajanju toplote je to Fourierova enačba) aproksimiramo po območju s funkcijami, ki zadoščajo robnim pogojem.

Alternativne metode so robni postopki. Pri njih razdelimo le obris telesa (ozir. prereza pri ravninskih obravnavah) na izbrano število robnih elementov. Nato uporabimo aproksimacijske funkcije, ki zadoščajo vodilni enačbi na območju.

Za osnovo je vzeta entalpija pri 1 bar, vlažnost pa pri $x = 0,3$. Tudi tu vidimo, da lahko storimo veliko napako, če ne upoštevamo spremembe lege izoterm v področju megle ob spremembi tlaka.

Pomembna je še sprejemljivost hlapov pri različnih plinih. Če je izstopno stanje sušilnega sredstva na presečišču izentalpe skozi začetno stanje in linije nasičenja $\varphi = 1$ (največja možna sprejemljivost vlage), dobimo najugodnejše rezultate pri dušiku. V tabeli 2 je prikazana relativna sprejemljivost za temperaturi 20 in 65 °C pri začetni vlažnosti $x = 0,03$. Iz tabele je razvidno, da ogljikov dioksid precej slabše sprejema hlape topila.

Tabela 2: Sprejemljivost vlage

Zmes	20 °C	65 °C
dušik — benzen	100 %	100 %
zrak — benzen	95,9 %	96,6 %
ogljikov dioksid — benzen	67,4 %	79,7 %

Računalniški programi so prirejeni za izračun entalpije, prostornine, gostote, vlažnosti, relativne vlažnosti, vlažnosti nasičenosti in temperature rosišča za poljubne kombinacije zgoraj navedenih plinov in topil v odvisnosti od vstopnih podatkov.

Naslov avtorjev: prof. dr. ing. Miran Oprešnik,
asist. dipl. ing. Uroš Mikoš,
oba: Fakulteta za strojništvo
v Ljubljani

Območne in robne postopke lahko tudi kombiniramo in s tem dosežemo boljši prikaz robnih pogojev v že izdelanih računalniških programih končnih elementov ozir. končnih razlik.

Ena od prednosti metode robnih elementov (MRE) v primerjavi z območnimi postopki je manjši sistem izhodnih linearnih enačb, s tem pa je potreben tudi manjši računalniški spomin, manjše število vhodnih podatkov ter krajši računski čas. Mimo tega je v splošnem dosegljiva tudi večja numerična natančnost rezultatov.

V sestavku želimo prikazati uporabnost postopka robnih elementov na zgledih ravninskega prevajanja toplote, ki smo jih vrednotili na CYBER 72 stroju. Teorije samega postopka ne bomo navajali, ker je na voljo v uporabljeni literaturi (Brebba [1], Zienkiewicz [2]).