

KRITIČKI PRIKAZ MODELA ZA PREDSKAZIVANJE KOEFICIJENTA DINAMIČKOG VISKOZITETA ZASIĆENE TEČNOSTI ORGANSKIH SUPSTANCI

Prikazani su modeli za predskazivanje vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićenih organskih supstanci.

Testirano je i 11 modela pomoću eksperimentalnih podataka za 34 organske supstance, koje pripadaju različitim grupama jedinjenja, sa ukupno 295 eksperimentalnih podataka.

Na osnovu dobijenih rezultata preporučuju se neki od testiranih modela.

Između čestica ili slojeva, koji se kreću različitim brzinama, javlja se unutrašnje trenje (viskozitet), koje se opire kretanju fluida. Sila trenja u odnosu na jedinicu površine saglasno Njutnovom zakonu viskoziteta, proporcionalna je gradijentu brzine u pravcu kretanja ($F = \eta d \omega/dn$). Njutnovom zakonu ne pokoravaju se svi fluidi. Oni fluidi, koji se pokoravaju ovom zakonu, nazivaju se realnim (njutnovskim), a fluidi, koji mu se ne pokoravaju, idealnim (nenjutnovskim). Viskoizitet tečnosti smanjuje se sa povišenjem temperature i sve manje zavisi od pritiska. Viskoizitet gasova raste sa porastom temperature na umerenim pritiscima. Povišenjem pritiska raste vrednost viskoziteta gasova. Na visokim redukovanim pritiscima postoji širok opseg temperatura, gde vrednost viskoziteta gasova opada sa povišenjem temperature. U tim regionima ponašanje viskoziteta gasova je, zbog visokih pritisa, mnogo sličnije ponašanju viskoziteta tečnosti, čija vrednost opada sa povišenjem temperature. Na veoma visokim redukovanim temperaturama pritisak ima mali uticaj na vrednost viskoziteta gasova, čija vrednost raste sa porastom temperature. Faktor proporcionalnosti η naziva se koeficijent dinamičkog viskoziteta i zavisi od prirode supstance, kao i od temperature i pritiska na kojima se supstanca nalazi. Često se koristi i koeficijent kinematskog viskoziteta $\nu = \eta/\rho$.

Vrednost koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti η_s zavisi samo od vrednosti temperature T .

U ovom radu prikazani su modeli za predskazivanje vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti η_s i rezultati, koji se pomoću njih dobijaju. Prikazani su modeli, koji zadovoljavaju kriterijum usvojen u prethodnim radovima [13-7,22-8], a koji se zasniva na tome da se predskazivanje izvodi po nivoima, odnosno da se u proračunu na nekom nivou predskazivanja ne mogu koristiti veličine sa višeg nivoa. Prema tome, oda-

brani modeli mogu se u principu zasnivati na vrednostima normalne temperature ključanja T_b , kritične temperature T_c , kritičnog pritiska p_c , kritične molarne zapremine v_c , faktora acentričnosti ω , latentne toplote isparavanja na normalnoj temperaturi ključanja ΔH_{vb} , latentne toplote isparavanja ΔH_v , napona pare p^0 , gustine tečnosti na normalnoj temperaturi ključanja ρ_b , gustine zasićene tečnosti ρ_s , gustine tečnosti ρ_l i gustine gasa ρ_v . Eksperimentalne vrednosti ovih veličina (izuzev napona pare, latentne toplote isparavanja, gustine zasićene tečnosti, gustine tečnosti i gustine gasa) mogu se pronaći u bazi podataka SBANKA [18]. Ukoliko eksperimentalna vrednost neke od ovih veličina nije dostupna može se predskazati [14,22,24-8]. Prema tome, predskazivanje vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti η_s čini dvanaesti nivo predskazivanja, odnosno sledeći korak posle predskazivanja normalne temperature ključanja T_b (nulti nivo), kritičnih veličina T_c , p_c i v_c , faktora acentričnosti ω , latentne toplote isparavanja na normalnoj temperaturi ključanja ΔH_{vb} , latentne toplote isparavanja ΔH_v , napona pare p^0 , gustine tečnosti na normalnoj temperaturi ključanja ρ_b , gustine zasićene tečnosti ρ_s , gustine tečnosti ρ_l i gustine gasa ρ_v .

PRIKAZ MODELA

Na osnovu usvojenog kriterijuma o redosledu predskazivanja navedenih veličina pregledom literature pronađeno je 11 modela, koji su testirani u ovom radu:

1. **Souders (S)** [45]

$$\log\{\log(10\eta_s[\text{cP}])\} = A p_s - 2,9,$$

$$A = l/M, l = \sum \Delta_i$$

2. **Bingham-Stookey (BS)** [8]

$$1/(\eta_s [P] T) = A + B T^{10^{C/M-D/M^2}}$$

3. **Thomas (T)** [48,42]

$$\log(8,569 \eta_s [\text{cP}] / \sqrt{\rho_s [\text{g/cm}^3]}) = k(1/T_r - 1),$$

$$k = \sum \Delta_k, T_r < 0,75$$

Adresa autora: D. Grozdanić, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, 11000 Beograd

Rad primljen: Jun 14, 2001.

Rad prihvaćen: Avgust 16, 2001.

4. Jossi–Stiel–Thodos (JST) [21]

$$\{ (\eta [\text{cP}] - \eta^*) \xi + 10^{-4} \}^{1/4} = a_0 + a_2 p_r + a_2 p_r^2 + a_3 p_r^3 + a_4 p_r^4$$

$$\xi = T_c^{1/6} / (M^{1/2} p_c^{2/3} [\text{atm}])$$

$$\eta^* \xi = \begin{cases} 34,0 \cdot 10^{-5} T_r^{0,94} & , T_r \leq 1,5, \text{ nepolarna supstance} \\ 17,78 \cdot 10^{-5} (4,58 T_r - 1,67)^{5/8} & , T_r > 1,5, \text{ nepolarne supstance} \\ (7,55 T_r - 0,55) 10^{-5} / Z_c^{5/4} & , \text{ polarne supstance sa vodoničnom vezom} \\ (1,90 T_r - 0,29)^{4/5} 10^{-4} / Z_c^{2/3} & , \text{ polarne supstance bez vodonične veze} \end{cases}$$

5. Abbott–Kaufmann (AK) [1,20]

$$\eta_s [\text{cP}] = v_r v_c \rho_s [\text{g/cm}^3]$$

$$\ln(v_r) = A(p_r - 1) + B(p_r - 1)^{3,5} \sum_{j=1}^5 C_j [\exp(p_r - 1)^{(j+1)/2}] - 1$$

$$p_r = 1,85 - 0,85 T_r + (1,6916 + 0,986\omega)(1 - T_r)^{1/3}$$

$$v_c = 0,0061154 (T_c^{5/6} / \sqrt{M}) (R Z_c / p_c [\text{atm}])^{1/3}$$

alkani

$$A = 0,51593\omega - 0,14696\omega^2,$$

$$B = 0,0631284 - 0,095999\omega$$

$$C_1 = 0,15976, C_2 = 0, C_3 = 0,00260128$$

$$C_4 = 5,09402 \cdot 10^{-4} - 1,16879 \cdot 10^{-3}\omega + 6,19878 \cdot 10^{-4}\omega^2, C_5 = 0$$

aromati

$$A = 3,71104\omega^2, B = 0,25121 - 0,65882\omega,$$

$$C_1 = 0, C_2 = 0, C_3 = 0,0127195,$$

$$C_4 = -2,411 \cdot 10^{-4}\omega, C_5 = 2,33529 \cdot 10^{-7}\omega^2$$

6. Agrawal–Thodos (AT) [2]

$$\eta_s [\text{cP}] = \alpha \exp(m/T_r) - k$$

kiseonik

$$\alpha = 0,02790, m = 1,199, k = 0,03$$

za ostale kriogene supstance

$$\alpha = 0,02365, m = 0,0580 + 0,3815 \ln(M),$$

$$k = (0,127/M^{0,25} - 0,022)m$$

7. van Velzen–Cardoso–Langenkamp (VCL) [51,40]

$$\log(\eta_s [\text{cP}]) = B(1/T - 1/T_0), T_r < 0,75$$

$$B = B_A + \Sigma_{\Delta B}$$

$$B_A = \begin{cases} 24,79 + 66,885 n_{ce} - 1,3173 n_{ce}^2 - 0,00377 n_{ce}^3 & , n_{ce} \leq 20 \\ 530,59 + 13,740 n_{ce} & , n_{ce} > 20 \end{cases}$$

$$T_0 = \begin{cases} 28,86 + 37,439 n_{ce} - 1,3547 n_{ce}^2 + 0,02076 n_{ce}^3 & , n_{ce} \leq 20 \\ 238,59 + 8,164 n_{ce} & , n_{ce} > 20 \end{cases}$$

$$n_{ce} = n_c + \Sigma_{\Delta n}$$

8. Letsou–Stiel (LS) [30,41]

$$\eta_s [\text{cP}] = [(\eta \xi)^0 - (\eta \xi)^1] / \xi, 0,76 < T_r < 0,98$$

$$(\eta \xi)^0 = 0,0015174 - 0,02135 T_r + 0,0075 T_r^2$$

$$(\eta \xi)^1 = 0,042552 - 0,07674 T_r + 0,0340 T_r^2$$

$$\xi = T^{1/6} / (M^{1/2} p_c^{2/3} [\text{atm}])$$

9. Morris (M) [33]

$$\log(\eta_s [\text{cP}] / \eta^+) = J(1/T_r - 1),$$

$$J = \sqrt{0,0577 + \Sigma_{\Delta b}}, T_r < 0,75$$

10. Przedziewicki–Sridhar (PS) [36]

$$1/\eta_s [\text{cP}] = B[(v - v_0)/v_0], T_r < 0,75$$

$$v_0 = 0,3 v_c [\text{cm}^3/\text{mol}],$$

$$B = 0,33 v_c [\text{cm}^3/\text{mol}] / f_1 - 1,12$$

$$f_1 = 4,27 + 0,032 M - 0,077 p_c [\text{atm}] + 0,014 T_r - 3,82 T_r$$

11. Orrick–Erbar (OE) [40]

$$\ln\{\eta_s [\text{cP}] / M p_s [\text{g/cm}^3]\} = A + B/T, T_r < 0,75$$

$$A = \Sigma_{\Delta A}, B = \Sigma_{\Delta B}$$

U ovim modelima je M molarna masa u g/mol, $T_r = T/T_c$ redukovana temperatura, $p_r = p/p_c$ redukovana gustina, p_c kritična gustina u g/cm³, p_c kritični pritisak u atm, T_f normalna temperatura mržnjenja, $T_{fr} = T_f/T_c$ redukovana normalna temperatura mržnjenja, Z_c kritični koeficijent stišljivosti i R univerzalna gasna konstanta.

U Bingham–Stookey modelu vrednosti konstanti A, B, C i D odabiraju se na osnovu pripadnosti date supstance određenoj grupi jedinjenja. Vrednosti ovih konstanti prikazane su u tabeli 1. Vrednosti konstanti a_0 , a_1 , a_2 , a_3 i a_4 u Jossi–Stiel–Thodos modelu date su u tabeli 2. U Morris modelu vrednosti pseudokritičnog koeficijenta dinamičkog viskoziteta η^+ za različite grupe jedinjenja prikazane su u tabeli 3. U Souders, Thomas, van Velzen–Cardoso–Langenkamp, Morris i Orrick–Erbar modelima veličine $\Sigma_{\Delta i}$, $\Sigma_{\Delta k}$, $\Sigma_{\Delta n}$, $\Sigma_{\Delta B}$, $\Sigma_{\Delta b}$ i $\Sigma_{\Delta A}$ predstavljaju zbirove doprinosa atoma, grupa i strukturnih formi. Vrednosti ovih doprinosa prikazane su u tabelama 4–8.

U van Velzen–Cardoso–Langenkamp modelu, bez obzira na pojavljivanje neke funkcionalne grupe u molekulu više od jednog puta, zbir doprinosa $\Sigma_{\Delta B}$, primenjuje se samo jedan put.

Tabela 1. Vrednosti konstanti u Bingham–Stookey modelu
Table 1. The values of the constants in the Bingham–Stookey model

Grupa jedinjenja	A	B	C	D
Alkilbromidi	-0,6655	0,001252	88,08	1357,6
Alkiljodidi	-0,5339	0,000162	346,97	20759,0
n-alkani	-1,0533	0,002040	61,97	1229,5
i-alkani	-1,1392	0,003630	26,76	145,22
n-merkaptani	-0,8014	0,001578	63,49	1636,1
sek-merkaptani	-0,8405	0,001361	85,54	2790,3

Tabela 2. Vrednosti konstanti u Jossi–Stiel–Thodos modelu

Table 2. The values of constants in the Jossi–Stiel–Thodos model

Supstanca	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
Vodonik	0,10616	-0,042426	0,1755300	-0,1229500	0,0281490
Amonijak	0,10670	0,022655	0,0357490	-0,0321530	0,0089998
Voda	0,10721	0,040646	0,0026282	-0,0054430	0,0017979
Ostalo	0,10230	0,023364	0,0585330	-0,0407580	0,0093324

Tabela 3. Vrednosti pseudokritičnog koeficijenta dinamičkog viskoziteta η^+ u Morris modelu

Table 3. The values of the pseudocritical viscosity in the Morris model

Grupa jedinjenja	η^+
Alkoholi	0,0819
Derivati benzola	0,0895
Etri, ketoni, aldehidi i acetati	0,0960
Fenoli	0,0126
Halogenizovani derivati benzola	0,1230
Halogenizovani ugljovodonici	0,1480
Ugljovodonici	0,0875
Organske kiseline	0,1170
Ostale supstance	0,1000

Tabela 4. Vrednosti doprinosa atoma, grupa i strukturnih formi u Souders modelu

Table 4. The values of the atom, group and structure contributions in the Souders model

Atom/grupa/struktura	Δ_i	Atom/grupa/struktura	Δ_i
C	50,2	petočlani prsten od C atoma	-24,0
H	2,7	šestočlani prsten od C atoma	-21,0
O	29,7	bočna grupa na šestočlanom prstenu	
N	37,0	M < 17 g/mol	-9,0
Cl	60,0	M > 16 g/mol	-17,0
Br	79,0	orto ili para položaj	3,0
I	110,0	meta položaj	1,0
-OH	57,1	CR ₄	13,0
-NO ₂	80,0	R ₂ CH-CHR ₂	8,0
>COO	90,0	H-CO-R	16,0
-COOH	104,4	CH ₃ -CO-R	5,0
-CH=CHCH ₂ X	4,0	R ₂ CHX	6,0
dupla veza	-15,5		
R – radikal, X – halogen			

Tabela 5. Vrednosti doprinosa atoma, grupa i strukturnih formi u Thomas modelu

Table 5. The values of the atom, group and structure contributions in the Thomas model

Atom/grupa/struktura	Δ_k	Atom/grupa/struktura	Δ_k
C	-0,462	S	0,043
H	0,249	>CO (ketoni, estri)	0,105
O	0,054	-CN	0,381
Cl	0,340	Dvostruka veza	0,478
Br	0,326	Aromatski prsten	0,385
I	0,335		

IZBOR EKSPERIMENTALNIH PODATAKA

Modeli su testirani na većem broju eksperimentalnih podataka koeficijenta dinamičkog viskoziteta supstanci, koje pripadaju različitim grupama organskih jedinjenja. Zbirni prikaz odabranih eksperimentalnih podataka za testiranje prikazan je u tabeli 9. U ovoj tabeli, pored imena supstance, prikazan je i literaturni izvor podataka (Lit.), broj eksperimentalnih vrednosti n, opseg temperature ΔT , kao i vrednosti veličina, koje se koriste u proračunima (M, T_f, T_c, p_c, v_c, Z_c i ω). Vrednosti ovih veličina preuzete su iz Baze podataka karakteristika čistih supstanci SBANKA [18]. Izbor eksperimentalnih podataka za koeficijent dinamičkog viskoziteta bio je uslovljen postojanjem i eksperimentalnih podataka za gustinu zasićene tečnosti na istim temperaturama. Time je izbegnut uticaj kvaliteta predskazivanja vrednosti gustine zasićene tečnosti na kvalitet predskazivanja vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti pomoću odabranih modela. U nedostatku eksperimentalnih vrednosti za gustinu zasićene tečnosti mogu se koristiti modeli za njihovo predskazivanje [15], ali će time i greška njihovog predskazivanja biti uključena u grešku predskazivanja vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta.

Kvalitet predskazivanja vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti izražen je srednjim procentualnim odstupanjem za svaku supstancu

$$p_{av} [\%] = \frac{\sum_{i=1}^n p_{abs,i}}{n}$$

gde je

$$p_{abs} [\%] = 100 | (\eta_{s,exp} - \eta_{s,cal}) / \eta_{s,exp} |$$

Tabela 6. Vrednosti doprinosa u van Velzen-Cardoso-Langenkamp modelu
 Table 6. The values of the contributions in the Velzen-Cardoso-Langenkamp model

Grupa jedinjenja	Δn	ΔB
n-alkani	0	0
Izoalkani	$1,389 - 0,238n_c$	15,51
Zasićeni ugljovodonici sa dve $-CH_3$ grupe u izo poziciji	$2,319 - 0,238n_c$	15,51
n-alkeni	$-0,152 - 0,042n_c$	$-44,94 + 5,410n_{ce}$
n-alkadieni	$-0,304 - 0,084n_c$	$-44,94 + 5,410n_{ce}$
Izoalkeni	$1,237 - 0,280n_c$	$-36,01 + 5,410n_{ce}$
Izoalkadieni	$1,085 - 0,322n_c$	$-36,01 + 5,410n_{ce}$
Ugljovodonici sa jednom dvostrukom vezom i dve $-CH_3$ grupe u izo poziciji	$2,626 - 0,518n_c$	$-36,01 + 5,410n_{ce}$
Ugljovodonici sa dve dvostruke veze i dve $-CH_3$ grupe u izo poziciji	$2,474 - 0,560n_c$	$-36,01 + 5,410n_{ce}$
Dodatna $-CH_3$ grupa u izo poziciji	$1,389 - 0,238n_c$	-
Ciklopentani ($n_c < 16$, $n_c \neq 5,6$)	$0,205 + 0,069n_c$	$-45,96 + 2,224n_{ce}$
Ciklopentani ($n_c \geq 16$)	$3,971 - 0,172n_c$	$-339,67 + 23,135n_{ce}$
Cikloheksani ($n_c < 17$, $n_c \neq 6,7$)	1,48	$-272,85 + 25,041n_{ce}$
Cikloheksani ($n_c \geq 17$)	$6,517 - 0,311n_c$	$-272,85 + 25,041n_{ce}$
Alkilbenzeni ($n_c < 16$, $n_c \neq 6,7$) ^{a,e,f}	0,60	$-140,04 + 13,869n_{ce}$
Alkilbenzeni ($n_c \geq 16$) ^{a,e,f}	$3,055 - 0,161n_c$	$-140,04 + 13,869n_{ce}$
Polifenili ^a	$-5,340 + 0,815n_c$	$-188,40 + 9,558n_{ce}$
Alkoholi		
primarni ^b	$10,606 - 0,276n_c$	$-589,44 + 70,519n_{ce}$
sekundarni ^b	$11,200 - 0,605n_c$	497,58
tercijarni ^b	$11,200 - 0,605n_c$	928,83
dioli (korekcija)	$-2,5 + n_c$	557,77
fenoli (korekcija) ^{a,c,d}	$16,17 - n_c$	213,68
-OH grupa na bočnom nizu aromatskog prstena (korekcija) ^{a,c,d}	-0,16	213,68
Kiseline ($n_c < 11$, $n_c \neq 1,2$)	$6,795 + 0,365n_c$	$-249,12 + 22,449n_{ce}$
Kiseline ($n_c \geq 11$)	10,71	$-249,12 + 22,449n_{ce}$
Izokiseline (korekcija)	-0,24 za svaku $-CH_3$ grupu u izo poziciji	$-249,12 + 22,449n_{ce}$
Kiseline sa aromatskim jezgrom (korekcija)	4,81	$-188,40 + 9,558n_{ce}$
Estri ^e	$4,337 - 0,230n_c$	$-149,13 + 18,695n_{ce}$
Estri sa aromatskim jezgrom (korekcija)	$-1,174 + 0,376n_c$	$-140,04 + 13,869n_{ce}$
Ketoni ^e	$3,265 - 0,122n_c$	$-117,21 + 15,781n_{ce}$
Ketoni sa aromatskim jezgrom (korekcija)	2,70	$-760,65 + 50,478n_{ce}$
Etri ^e	$0,298 + 0,209n_c$	$-9,39 + 2,848n_{ce}$
Aromatski etri ^c	$11,5 - n_c$	$-149,43 + 16,717n_{ce}$
Amini		
primarni ^e	$3,581 + 0,325n_c$	$25,39 + 8,744n_{ce}$
primarni amini na bočnom nizu aromata (korekcija) ^e	-0,16	0
primarni amini sa $-NH_2$ grupom na aromatskom jezgru ^{a,c}	$15,04 - n_c$	$25,39 + 8,744n_{ce}$

Grupa jedinjenja	Δn	ΔB
sekundarni ^e	$1,390 + 0,461n_c$	$25,39 + 8,744n_{ce}$
tercijarni ^e	3,27	$25,39 + 8,744n_{ce}$
sekundarni ili tercijarni amini sa najmanje jednom aromatskom grupom na N atomu amina (korekcija)	f	f
Nitro jedinjenja		
1-nitro	$7,812 - 0,236n_c$	$-213,14 + 18,330n_{ce}$
2-nitro	5,84	$-213,14 + 18,330n_{ce}$
3-nitro	5,56	$-338,01 + 25,086n_{ce}$
4- ili 5-nitro	5,36	$-338,01 + 25,086n_{ce}$
aromska nitro jedinjenja ^f	$7,812 - 0,236n_c$	$-213,14 + 18,330n_{ce}$
Halogenizovana jedinjenja		
Fluor	1,43	5,75
Hlor ^{e,f}	3,21	-17,03
Brom ^{e,f}	4,39	$-101,97 + 5,954n_{ce}$
Jod ^{e,f}	5,76	-85,32
Specijalne konfiguracije		
C(Cl) _x	$1,91 - 1,459x$	-26,38
>CCl-CCl<	0,96	0
C(Br) _x	0,50	$81,34 - 86,850x$
>CBr-CBr<	1,60	-57,73
-CF ₃ (alkoholi)	-3,93	341,68
-CF ₃ (ostala jedinjenja)	-3,93	25,55
Aldehidi	3,38	$146,45 - 25,11n_{ce}$
Aldehidi sa aromatskim jezgrom (korekcija)	2,70	$-760,65 + 50,478n_{ce}$
Anhidridi	$7,97 - 0,50n_c$	-33,50
Anhidridi sa aromatskim jezgrom (korekcija)	2,70	$-760,65 + 50,478n_{ce}$
Amidi	$13,12 + 1,49n_c$	$524,63 - 20,72n_{ce}$
Amidi sa aromatskim jezgrom (korekcija)	2,70	$-760,65 + 50,478n_{ce}$
Korekcije		
^a Za substitucije na aromatskom jezgrom u više od jedne pozicije		
orto	0,51	$-571,94$ (sa -OH) $54,84$ (bez -OH)
meta	0,11	27,25
para	-0,04	-17,57
^b Za alkohole sa -CH ₃ grupom u izo poziciji	0,24	94,23
^c Ako jedinjenje ima -OH ili -NH ₂ grupu na aromatskom jezgrom ili je aromatski etar koristiti Δn doprinos iz tabele, ali zanemariti ostale substituentne na prstenu, kao što su halogeni, -CH ₃ , -NO ₂ itd. Kod ΔB uzeti ih u obzir.		
^d Za aromatske alkohole i jedinjenja sa -OH grupom u bočnom nizu moraju se uključiti doprinosi za alkohole (primarni, sekundarni itd.), kao i doprinosi za položaj grupa na prstenu ^a .		
^e Ako ugljovodonični niz ima -CH ₃ grupu u izo poziciji kod estara, alkilbenzena, halogenizovanih ugljovodonika i ketona umanjiti Δn za 0,24, a povećati ΔB za 8,93 za svako takvo grupisanje. Kod etara i amina, umanjiti Δn za 0,50 i povećati ΔB za 8,93, za svaku izo grupu.		
^f Kod alkilbenzena, nitrobenzena, halogenizovanih benzola i sekundarnih ili tercijarnih amina, gde je najmanje jedna aromatska grupa na N atomu amina, dodaju se sledeće korekcije za svako aromatsko jezgro. Ako je $n_c < 16$ povećati Δn za 0,60, a ako je $n_c \geq 16$ povećati Δn za $3,055 - 0,161n_c$. Za bilo koje n_c povećati ΔB za $-140,04 + 13,869n_{ce}$.		

Tabela 7. Vrednosti doprinosa atoma, grupa i strukturnih formi u Morris modelu

Table 7. The values of the atom, group and structure contributions in the Morris model

Atom/grupa/struktura	Δb
>C ₆ H ₄ (benzolov prsten)	0,3558
>CH ₂ (kao zasićeni članovi prstena)	0,1707
-CH ₃ , >CH ₂ ili >CH- (pridodate prstenu)	0,0520
-NO ₂ (pridodate prstenu)	0,4170
-NH ₂ (pridodate prstenu)	0,7645
-F ili -Cl (pridodati prstenu)	0
-H (pridodat prstenu)	0,1446
CH ₃ , >CH ₂ ili >CH-	0,0825
halogeno zamenjena -CH ₃	0
halogeno zamenjena >CH ₂	0,0893
halogeno zamenjena >CH-	0,0667
halogeno zamenjen >C<	0
-Br	0,2058
-Cl	0,1470
-F	0,1344
-I	0,1908
-OH (alkoholi)	2,0446
-COOH (kiseline)	0,8896
>CO (ketoni)	0,3217
-COO (acetati)	0,4369
-OH (fenoli)	3,4420
-O- (etri)	0,1090
dvostruka veza	-0,0742

Tabela 8. Vrednosti doprinosa atoma, grupa i strukturnih formi u Orrick-Erbar modelu

Table 8. The values of the atom, group and structure contributions in the Orrick-Erbar model

Atom/grupa/struktura	ΔA	ΔB
-Cl	-0,61	220
-Br	-1,25	365
-I	-1,75	400
-OH	-3,00	1600
>COO	-1,00	420
-O-	-0,38	140
>CO	-0,50	350
-COOH	-0,90	770
aromatski prsten	0	20
petočlani prsten	0,10	32
šestočlani prsten	-0,45	250
dvostruka veza	0,24	-90
orto substitucija	-0,12	100
meta substitucija	0,05	-34
para substitucija	-0,01	-5
-CR ₃	-0,15	35
C (mimo ostalih grupa)	-6,95-0,21n	275+99n
R – radikal, n – broj C atoma		

Tabela 9. Literaturni izvori eksperimentalnih podataka koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti

Table 9. Literature sources of the experimental data points for saturated liquid viscosity coefficients

Supstanca	Lit.	n	ΔT [K]	M [g/mol]	T _f [K]	T _c [K]	p _c [bar]	v _c [cm ³ /mol]	Z _c [1]	ω [1]
Alkani										
Pentan	[11]	2	263,05 – 293,15	72,151	143,4	469,7	33,7	309,8	0,268	0,252
Heksan	[5]	3	293,15 – 313,15	86,178	177,8	507,6	30,2	368,0	0,264	0,293
Heptan	[9]	28	292,10 – 448,20	100,204	182,6	540,2	27,4	428,0	0,261	0,349
Heptan	[5]	3	293,15 – 313,15							
Heptan	[11]	4	263,05 – 373,15							
Oktan	[5]	3	293,15 – 313,15	114,231	216,4	568,7	24,9	492,4	0,259	0,397
Oktan	[11]	4	263,15 – 373,15							
Nonan	[5]	3	293,15 – 313,15	128,257	219,7	594,6	22,9	555,0	0,257	0,449
Nonan	[11]	5	263,05 – 423,15							
Dekan	[5]	3	293,15 – 313,15	142,284	243,5	617,7	21,1	624,0	0,256	0,490
Dekan	[34]	2	293,15 – 298,15							
Undekan	[11]	6	263,05 – 473,15	156,311	247,6	638,4	19,5	689,0	0,257	0,535
Dodekan	[5]	3	293,15 – 313,15	170,338	263,6	658,8	18,1	754,0	0,251	0,574
Tridekan	[11]	7	267,67 – 473,15	184,365	267,8	676,0	16,8	823,0	0,246	0,622
Heksadekan	[34]	2	293,15 – 298,15	226,446	291,0	722,4	14,0	1034,0	0,241	0,743
Heptadekan	[11]	8	295,15 – 573,20	240,473	295,0	735,9	13,4	1103,0	0,242	0,770

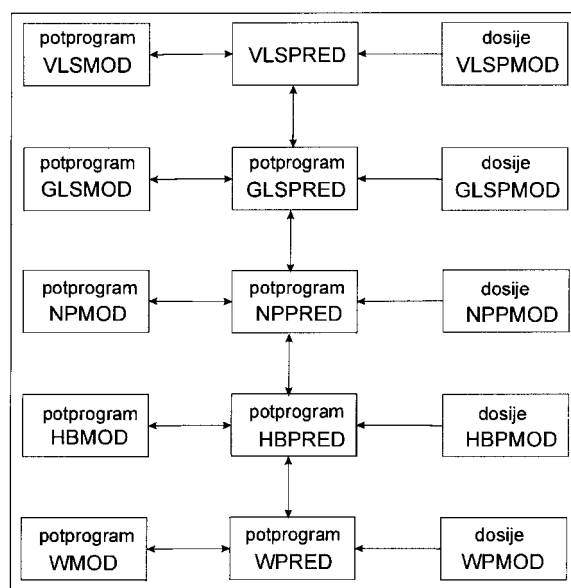
Supstanca	Lit.	n	ΔT [K]	M [g/mol]	T_f [K]	T_c [K]	p_c [bar]	V_c [cm ³ /mol]	Z_c [1]	ω [1]
Alkoholi										
Metanol	[4]	3	298,15 – 308,15	32,042	175,5	512,6	80,9	118,0	0,224	0,556
Metanol	[32]	5	298,15 – 323,15							
Metanol	[50]	3	293,15 – 313,15							
Metanol	[3]	3	298,15 – 308,15							
Metanol	[29]	1	298,15							
Metanol	[39]	5	288,15 – 328,15							
Etanol	[9]	49	293,70 – 503,20	46,069	159,1	513,9	61,4	167,1	0,240	0,644
Etanol	[4]	3	298,15 – 308,15							
Etanol	[50]	3	293,15 – 313,15							
Etanol	[3]	3	298,15 – 308,15							
Etanol	[29]	1	298,15							
Etanol	[39]	5	288,15 – 328,15							
2-propanol	[50]	3	293,15 – 313,15	60,096	184,7	508,4	47,6	220,0	0,248	0,665
2-propanol	[35]	5	293,15 – 323,15							
Etri										
Metilfeniletar	[7]	3	298,15 – 308,15	108,140	235,7	645,6	42,5	332,6	0,263	0,347
Metilfeniletar	[52]	3	303,15 – 323,15							
Etilbutiletar	[34]	2	293,15 – 298,15	102,176	170,0	531,0	30,4	390,0	0,270	0,400
Amini										
Trietilamin	[29]	1	298,15	101,193	158,4	535,0	30,3	389,0	0,265	0,320
Organohalogeni jedinjenja										
Dihlormetan	[34]	2	293,15 – 298,15	84,933	178,1	510,0	63,0	185,9	0,235	0,199
Brometan	[34]	2	293,15 – 298,15	108,966	154,6	503,9	62,3	215,0	0,320	0,229
1-brombutan	[34]	2	293,15 – 298,15	137,020	161,0	569,5	42,6	321,5	0,289	0,339
Hlorbenzol	[34]	2	293,15 – 298,15	112,559	227,6	632,4	45,2	308,0	0,265	0,249
Hlorbenzol	[12]	4	298,15 – 328,15							
Ketoni										
2-butanon	[37]	3	298,15 – 308,15	72,107	186,5	536,8	42,1	267,0	0,252	0,320
2-butanon	[12]	4	298,15 – 328,15							
4-metil-2-pentanon	[43]	4	293,15 – 308,15	100,160	189,0	571,0	32,7	372,3	0,260	0,385
Cikloheksanon	[7]	3	298,15 – 308,15	98,144	242,0	653,0	40,0	312,5	0,230	0,442
Cikloheksanon	[37]	3	289,15 – 318,15							
Organosumporna jedinjenja										
Dipropilsulfid	[33]	3	293,15 – 303,15	118,238	170,0	609,7	31,7	425,5	0,266	0,376
Dibutilsulfid	[33]	3	293,15 – 303,15	146,290	210,0	650,0	25,0	537,5	0,260	0,394
Dibutilsulfid	[34]	2	293,15 – 298,15							
Karboksilne kiseline										
Sirćetna kiselina	[19]	4	293,15 – 318,15	60,052	289,8	592,7	57,9	171,0	0,201	0,447
Nitrili										
Acetonitril	[44]	3	288,15 – 308,15	41,053	229,3	545,5	48,3	173,0	0,184	0,327
Acetonitril	[35]	5	293,15 – 323,15							
Akronitril	[4]	3	298,15 – 308,15	53,064	189,5	536,0	45,6	210,0	0,210	0,350
Estri										
Metilacetat	[6]	3	298,15 – 308,15	74,080	175,0	506,8	46,9	228,0	0,254	0,326
Metilacetat	[31]	3	293,15 – 313,15							

Supstanca	Lit.	n	ΔT [K]	M [g/mol]	T_f [K]	T_c [K]	p_c [bar]	V_c [cm ³ /mol]	Z_c [1]	ω [1]
Metilacetat	[34]	2	293,15 – 298,15							
Etilpropionat	[31]	3	293,15 – 313,15	102,133	199,3	546,0	33,6	345,0	0,252	0,391
Etilacetat	[6]	3	298,15 – 308,15	88,107	189,6	523,2	38,3	286,0	0,252	0,362
Etilacetat	[31]	3	293,15 – 313,15							
Etilacetat	[34]	2	293,15 – 298,15							
Butilacetat	[6]	3	298,15 – 308,15	116,161	199,7	579,0	31,4	400,0	0,260	0,417
Butilacetat	[31]	3	293,15 – 313,15							
Butilacetat	[34]	2	293,15 – 298,15							
Butilacetat	[49]	3	293,15 – 313,15							
Butilacetat	[38]	2	303,15 – 313,15							
Aromatična jedinjenja										
Benzol	[7]	3	298,15 – 308,15	78,114	278,7	562,1	48,9	256,0	0,268	0,212
Benzol	[47]	5	298,15 – 318,15							
Benzol	[38]	2	303,15 – 313,15							
Benzol	[46]	1	308,15							
Kriogeni										
Vodonik	[10]	13	14,00 – 26,00	2,016	14,0	33,2	13,0	65,1	0,303	-0,216
Ukupno		295								

Ovde je n broj eksperimentalnih podataka koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti $\eta_{s,exp}$ za svaku supstancu, $\eta_{s,cal}$ predskazana vrednost koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti pomoću nekog od prikazanih modela, a p_{abs} pojedinačno procentualno odstupanje za svaku eksperimentalnu vrednost koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti η_s .

REZULTATI I DISKUSIJA REZULTATA

Predskazivanje vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti izvedeno je pomoću programa VLSPRED. šema komunikacije programa VLSPRED sa potprogramima i dosijeima data je na slici 1. Pomoću glavnog programa učitavaju se podaci potrebni za proračun, izlistava na ekranu spisak raspoloživih modela, ispisuju osnovni podaci odabranog modela i ispisuje rezultat predskazivanja. Svi modeli za predskazivanje vrednosti gustine tečnosti definisani su u potprogramu VLSMOD. Redni broj, naziv, oblik i literaturni izvor modela definisani su u dosijeu VLSPMOD. Ovaj program ne obuhvata i predskazivanje vrednosti kritičnih i ostalih potrebnih veličina, s obzirom na to da su za većinu supstanci, koje se koriste u praksi, poznate njihove pouzdane eksperimentalne vrednosti. Međutim, ukoliko se ne raspolaže sa pouzdanom eksperimentalnom vrednošću neke od ovih veličina mogu se za preliminarno predskazivanje koristiti već opisani programi [24–8]. Za korišćenje jednog broja modela neophodno je i poznavanje vrednosti faktora acentričnosti ω . Kada se ne raspolaže sa vrednošću ove veličine izračunate na osnovu eksperimentalnih podataka za napon pare p^0 omogućeno je njeno predskazivanje pomoću potprograma



Slika 1. Šema komunikacije programa VLSPRED sa potprogramima i dosijeima
Figure 1. Flowchart of the VLSPRED program with subroutines and files

WPRED. U potprogramu WMOD definisani su modeli za predskazivanje vrednosti faktora acentričnosti, a informativni podaci o modelima smešteni su u dosije WPMOD. Za modele u kojima figurišu vrednosti gustine zasićene tečnosti, u nedostatku eksperimentalnih podataka, omogućeno je njihovo predskazivanje pomoću potprograma GLSPRED. U potprogramu GLSMOD definisani su modeli za predskazivanje vrednosti gustine za-

sićene tečnosti, a informativni podaci o modelima smešteni su u dosije GLSPMOD. Pošto je za predskazivanje vrednosti gustine zasićene tečnosti u nekim modelima neophodno poznavanje i vrednosti napona pare p^0 i latentne toplote isparavanja na normalnoj temperaturi ključanja ΔH_{vb} , omogućeno je i njihovo predskazivanje pomoću potprograma NPPRED i HBPREP. Potprogrami NPMOD i HBMOD, kao i dosije NPPMOD i HBPMOD, imaju istu funkciju, kao i odgovarajući potprogrami i dosije za predskazivanje vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta, gustine zasićene tečnosti i faktora acentričnosti.

Rezultati predskazivanja pomoću 11 odabranih modela prikazani su u tabeli 10. Sve predskazane vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti izražene su u Pas. Za svaku supstancu dato je srednje procentualno odstupanje za sve modele, kao i ukupno srednje procentualno odstupanje za sve eksperimentalne podatke za sve modele.

Od 11 testiranih modela samo su modeli Jossi–Stiel–Thodos i Przedzdiecki–Sridhar primenljivi za predskazivanje vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta svih odabranih supstanci. Jedan broj modela predložen je samo za pojedine grupe jedinjenja: Bingham–Stookey

Tabela 10. Rezultati predskazivanja vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićene tečnosti
Table 10. Prediction of the saturated liquid dynamic viscosity coefficient

Supstanca	S	BS	T	JST	AK	AT	VCL	LS	M	PS	OE
Alkani											
Pentan	4,69	2,16	2,38	8,15	2,20	–	5,70	–	4,38	13,01	8,93
Heksan	0,92	3,41	3,25	9,09	3,40	–	4,28	–	4,06	11,70	6,56
Heptan	11,58	7,99	6,17	6,57	11,52	–	6,53	9,04	6,28	6,55	3,55
Heptan	0,86	3,74	3,75	5,02	3,41	–	4,11	–	4,17	14,09	4,75
Heptan	0,21	1,66	2,54	9,64	3,05	–	2,43	–	2,66	15,30	6,25
Oktan	1,19	4,32	4,14	1,73	1,84	–	4,53	–	4,58	9,41	4,37
Oktan	0,66	1,48	3,46	4,15	6,44	–	1,45	–	2,12	9,95	4,80
Nonan	2,18	4,73	4,59	2,63	5,50	–	5,07	–	5,58	7,62	4,56
Nonan	3,52	3,76	6,57	8,55	10,18	–	2,49	–	3,31	12,14	7,76
Dekan	1,47	5,88	5,34	8,49	13,15	–	5,49	–	6,79	13,57	5,38
Dekan	0,46	1,40	3,34	6,90	16,94	–	1,33	–	4,16	22,98	0,94
Undekan	7,35	7,84	6,94	9,84	15,86	–	2,13	–	3,71	81,58	10,74
Dodekan	4,01	12,29	4,75	2,91	26,78	–	5,58	–	12,34	171,86	5,83
Tridekan	13,73	51,95	5,29	14,70	27,68	–	4,02	–	7,45	105,3	12,25
Heksadekan	18,93	611,22	10,16	7,61	56,89	–	7,98	–	30,89	121,78	5,17
Heptadekan	22,06	651,84	12,89	17,36	25,38	–	4,05	18,40	24,64	159,07	17,02
Alkoholi											
Metanol	31,57	–	48,39	19,03	–	–	122,39	–	68,89	90,41	28,20
Metanol	30,30	–	46,65	17,62	–	–	114,51	–	64,23	90,16	22,14
Metanol	30,48	–	48,73	19,78	–	–	121,44	–	68,05	90,48	27,75
Metanol	32,44	–	47,68	18,30	–	–	125,48	–	71,24	90,32	29,91
Metanol	32,57	–	49,65	20,36	–	–	130,80	–	73,99	90,62	34,47
Metanol	30,35	–	47,01	18,23	–	–	116,91	–	65,54	90,22	24,05
Etanol	22,17	–	81,26	47,67	–	–	24,31	16,19	15,53	76,41	18,19
Etanol	1,73	–	71,87	63,87	–	–	42,65	–	8,40	77,05	5,77
Etanol	1,43	–	54,31	63,58	–	–	44,39	–	7,37	76,83	7,06
Etanol	1,12	–	71,57	63,59	–	–	44,17	–	7,43	78,86	6,86
Etanol	4,89	–	74,23	67,07	–	–	40,25	–	11,28	79,21	4,57
Etanol	3,61	–	69,45	61,10	–	–	45,11	–	5,74	75,01	8,35
2-propanol	28,97	–	83,51	79,02	–	–	0,81	–	49,31	31,17	12,81
2-propanol	31,39	–	82,40	78,29	–	–	1,19	–	47,66	80,32	11,72
Etri											
Metilfeniletar	6,17	–	–	20,45	–	–	21,44	–	3,06	33,46	64,98

Supstanca	S	BS	T	JST	AK	AT	VCL	LS	M	PS	OE
Metilfeniletar	7,16	–	–	15,00	–	–	24,49	–	1,15	29,48	60,90
Etilbutiletar	3,24	–	0,85	14,61	–	–	27,48	–	4,32	23,86	5,42
Amini											
Trietilamin	26,31	–	–	18,41	–	–	89,47	–	–	25,43	–
Organohalogeni jedinjenja											
Dihlormetan	14,05	–	4,08	39,98	–	–	11,35	–	16,18	9,05	5,05
Brometan	68,56	25,09	2,18	60,63	–	–	5,74	–	0,93	2,64	10,93
1-brombutan	12,24	22,64	0,75	21,18	–	–	1,63	–	24,53	6,84	11,84
Hlorbenzol	154,55	–	5,53	0,74	–	–	10,79	–	14,62	18,02	52,51
Hlorbenzol	163,91	–	4,41	11,52	–	–	6,79	–	13,30	8,33	48,22
Ketoni											
2-butanon	–	–	7,03	19,33	–	–	11,55	–	1,98	6,65	6,51
2-butanon	–	–	5,53	31,63	–	–	10,53	–	2,17	17,31	4,99
4-metil-2-pentanon	–	–	1,08	9,40	–	–	2,68	–	14,15	19,86	8,50
Cikloheksanon	–	–	–	68,23	–	–	57,51	–	4,79	69,63	67,19
Cikloheksanon	–	–	–	62,94	–	–	49,42	–	16,80	64,51	60,89
Organosumporna jedinjenja											
Dipropilsulfid	–	–	1,75	9,53	–	–	–	–	–	27,42	–
Dibutilsulfid	–	–	3,75	30,06	–	–	–	–	–	38,71	–
Dibutilsulfid	–	–	1,88	31,83	–	–	–	–	–	39,85	–
Karboksilne kiseline											
Sirćetna kiselina	37,44	–	51,72	47,30	–	–	30,06	–	3,59	42,60	18,42
Nitrili											
Acetonitril	46,69	–	6,37	244,35	–	–	–	–	–	1604,71	–
Acetonitril	45,99	–	7,16	228,43	–	–	–	–	–	787,32	–
Akilonitril	31,13	–	6,84	155,65	–	–	–	–	–	203,26	–
Estri											
Metilacetat	19,50	–	12,92	5,27	–	–	2,77	–	7,75	6,67	17,64
Metilacetat	15,93	–	8,30	9,56	–	–	2,49	–	2,75	2,62	13,32
Metilacetat	16,04	–	8,71	11,41	–	–	2,27	–	2,47	2,36	12,46
Etilpropionat	1,69	–	8,45	10,70	–	–	6,90	–	–	2,59	5,42
Etilacetat	11,75	–	11,38	2,59	–	–	3,50	–	0,55	2,53	4,79
Etilacetat	12,23	–	11,89	1,88	–	–	2,94	–	1,12	3,09	5,31
Etilacetat	11,07	–	11,04	3,86	–	–	4,66	–	0,84	2,15	2,86
Butilacetat	0,62	–	9,67	6,46	–	–	1,51	–	13,59	17,96	1,72
Butilacetat	2,14	–	1,20	8,36	–	–	3,80	–	10,95	19,43	0,98
Butilacetat	4,68	–	2,45	12,10	–	–	4,47	–	10,55	22,50	0,92
Butilacetat	3,16	–	2,30	9,32	–	–	4,87	–	9,72	20,28	1,71
Butilacetat	1,14	–	0,18	6,14	–	–	2,96	–	11,68	17,81	0,88
Aromatična jedinjenja											
Benzol	0,57	–	58,96	27,88	3,73	–	33,72	–	17,62	33,71	69,54
Benzol	10,97	–	62,77	35,31	14,95	–	40,74	–	27,30	40,16	72,15
Benzol	1,47	–	57,03	25,95	1,97	–	31,61	–	16,16	31,41	67,86
Benzol	3,59	–	59,21	29,60	6,88	–	35,07	–	20,41	34,83	69,49
Kriogeni											
Vodonik	–	–	–	10,33	–	5,88	–	11,69	–	–	–
Ukupno	19,06	81,21	26,63	32,13	13,55	5,88	23,31	14,98	15,77	80,99	17,06

(alkani i njihovi derivati), Abbott–Kaufmann (alkani i aromati) i Agrawal–Thodos (kriogeni). Jedan broj modela primenljiv je samo do $T_r < 0,75$ (Thomas, van Velzen–Cardoso–Langenkamp, Morris, Przewdziecki–Sridhar i Orrick–Erbar). Model Letsou–Stiel predložen je samo za predskazivanje vrednosti koeficijenta dinamičkog viskoziteta zasićenih tečnosti na povišenim temperaturama, odnosno u opsegu $0,76 < T_r < 0,98$.

Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da modeli, koji su primenljivi na većinu odabranih eksperimentalnih podataka, daju srednje procentualno odstupanje veće od 15%. Ipak, u okviru dobijenih rezultata i opsega primenljivosti, mogu se preporučiti modeli Morris (15,77%), Orrick–Erbar (17,06%), Souders (19,06%) i van Velzen–Cardoso–Langenkamp (23,31%). Međutim, takođe se može konstatovati da kod svih modela postoji velika diskrapancija rezultata od jednog do drugog seta podataka. Na primer, kod Morris modela najmanje srednje procentualno odstupanje je 0,55% (etilacetat), a najveće 73,99% (metanol).

LITERATURA

- [1] M.M. Abbott, T.G. Kaufmann, *Can. J. Chem. Eng.*, **48** (1970) 90
- [2] G.M. Agrawal, G. Thodos, *Ind. Eng. Chem. Fundamentals*, **10** (1971) 433
- [3] T.M. Aminabhavi, V.B. Patil, K. Banerjee, *J. Chem. Eng. Data*, **44** (1999) 1291
- [4] M.I. Aralaguppi, C.V. Jadar, T.M. Aminabhavi, *J. Chem. Eng. Data*, **44** (1999) 216
- [5] M.I. Aralaguppi, C.V. Jadar, T.M. Aminabhavi, *J. Chem. Eng. Data*, **44** (1999) 435
- [6] M.I. Aralaguppi, C.V. Jadar, T.M. Aminabhavi, *J. Chem. Eng. Data*, **44** (1999) 441
- [7] M.I. Aralaguppi, C.V. Jadar, T.M. Aminabhavi, *J. Chem. Eng. Data*, **44** (1999) 446
- [8] E.C. Bingham, S.D. Stookey, *J. Am. Chem. Soc.*, **61** (1939) 1625
- [9] R.R. Brunson, C.H. Byers, *J. Chem. Eng. Data*, **34** (1989) 46
- [10] D.E. Diller, *J. Chem. Phys.*, **42** (1965) 2089
- [11] A.K. Doolittle, R.H. Peterson, *J. Am. Chem. Soc.*, **73** (1951) 2145
- [12] G.S. Gokavi, J.R. Raju, T.M. Aminabhavi, R.H. Balundgi, M.V. Muddapur, *J. Chem. Eng. Data*, **31** (1986) 15
- [13] D.K. Grozdanić, *Hem.ind.*, **52** (1998) 93
- [14] D.K. Grozdanić, *Hem.ind.*, **52** (1998) 143
- [15] D.K. Grozdanić, *Hem.ind.*, **53** (1999) 8
- [16] D.K. Grozdanić, *Hem.ind.*, **53** (1999) 89
- [17] D.K. Grozdanić, *Hem.ind.*, **54** (2000) 168
- [18] D.K. Grozdanić, *Metalurgija*, **6** (2000) 273
- [19] M. Hafez, S. Hartland, *J. Chem. Eng. Data*, **21** (1976) 179
- [20] S.-C. Hwang, C. Tsonopoulos, J.R. Cunningham, G.M. Wilson, *Ind. Eng. Chem. Proc. Des. Dev.*, **21** (1982) 127
- [21] J.A. Jossi, L.I. Stiel, G. Thodos, *AIChE J.*, **8** (1962) 59
- [22] J.D. Jovanović, D.K. Grozdanić, *Hem.ind.*, **51** (1997) 390
- [23] J.D. Jovanović, D.K. Grozdanić, *Hem.ind.*, **51** (1997) 429
- [24] J.D. Jovanović, A.B. Knežević–Stevanović, D.K. Grozdanić, *Hem. ind.*, **51** (1997) 283
- [25] M.Lj. Kijevčanin, D.K. Grozdanić, *Hem. ind.*, **50** (1996) 155
- [26] M.Lj. Kijevčanin, D.K. Grozdanić, *Hem. ind.*, **51** (1997) 1
- [27] M.Lj. Kijevčanin, D.K. Grozdanić, *Hem. ind.*, **51** (1997) 124
- [28] M.Lj. Kijevčanin, D.K. Grozdanić, *Hem. ind.*, **51** (1997) 195
- [29] A. Kumar, O. Prakash, S. Prakash, *J. Chem. Eng. Data*, **26** (1981) 64
- [30] A. Letsou, L.I. Stiel, *AIChE J.*, **19** (1973) 409
- [31] C.Y. Liu, H.C. Ku, C.H. Tu, *J. Chem. Eng. Data*, **44** (1999) 360
- [32] S.Z. Mikhail, W.R. Kimeh, *J. Chem. Eng. Data*, **6** (1961) 533
- [33] J.C. Morris, W.J. Lanun, R.V. Helm, W.E. Haines, G.L. Cook, J.S. Ball, *J. Chem. Eng. Data*, **5** (1960) 112
- [34] S.A. Mumford, W.C. Phillips, *J. Chem. Soc.*, (1950) 75
- [35] S. Paez, M. Contreras, *J. Chem. Eng. Data*, **34** (1989) 455
- [36] J.W. Przewdziecki, T. Sridhar, *AIChE J.*, **31** (1985) 333
- [37] K. Purnachandra Rao, K. Subramanyam Reddy, *J. Chem. Eng. Data*, **33** (1988) 130
- [38] M.V. Rathnam, *J. Chem. Eng. Data*, **33** (1988) 509
- [39] M.A. Rauf, G.H. Stewart, Farhatiziz, *J. Chem. Eng. Data*, **28** (1983) 324
- [40] R.C. Reid, J.M. Prausnitz, B.E. Poling, *The Properties of Gases and Liquids*, McGraw–Hill, New York 1989.
- [41] R.C. Reid, J.M. Prausnitz, T.K. Sherwood, *The Properties of Gases and Liquids*, McGraw–Hill, New York 1977.
- [42] R.C. Reid, T.K. Sherwood, *The Properties of Gases and Liquids*, McGraw–Hill, New York 1966.
- [43] R. Riggio, H.E. Martinez, J.A. Espindola, J.F. Ramos, *J. Chem. Eng. Data*, **29** (1984) 11
- [44] G. Ritzoulis, N. Papadopoulos, D. Jannakoudakis, *J. Chem. Eng. Data*, **31** (1986) 146
- [45] M. Souders Jr., *J. Am. Chem. Soc.*, **60** (1938) 154
- [46] M.C.S. Subha, S.B. Rao, *J. Chem. Eng. Data*, **33** (1988) 404
- [47] N. Swain, D. Panda, S.K. Singh, V. Chakravorty, *J. Chem. Eng. Data*, **44** (1999) 32
- [48] L.H. Thomas, *J. Chem. Soc.*, (1946) 573
- [49] N.G. Tsierekzos, A.E. Kalarakis, M.M. Palaiologou, *J. Chem. Eng. Data*, **45** (2000) 395
- [50] C.-H. Tu, C.-Y. Liu, W.-F. Wang, Y.-T. Chou, *J. Chem. Eng. Data*, **45** (2000) 450
- [51] D. van Velzen, R.L. Cardozo, H. Langenkamp, *Ind. Eng. Chem. Fundamentals*, **11** (1972) 20
- [52] W.L. Weng, *J. Chem. Eng. Data*, **44** (1999) 63

SUMMARY

A CRITICAL REVIEW OF RELATIONSHIPS FOR PREDICTING THE DYNAMIC VISCOSITY COEFFICIENT OF LIQUID ORGANIC COMPOUNDS AT SATURATION CONDITIONS

(Review paper)

Momčilo V. Manojlović¹, Jovan D. Jovanović², Dušan K. Grozdanić²

¹Military Institute, Belgrade, ²Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade

This paper presents some empirical relationships for predicting the saturated liquid dynamic viscosity coefficient of organic compounds. Eleven models were tested using 295 experimental points for 34 organic compounds. On the basis of the obtained results the Morris (15.77%), Orrick–Erbar (17.06%), Souders (19.06%), and van Velzen–Cardoso–Langenkamp (23.31%) models were recommended for use.

Key words: Saturated liquid • Dynamic viscosity • Organic compounds • Prediction •
 Ključne reči: Zasićena tečnost • Viskozitet • Dinamički viskozitet • Organska jedinjenja • Izračunavanje •

