

Merne jedinice Međunarodnog sistema mernih jedinica (SI) i simboli u oblasti hlađenja i klimatizacije (I)

Dušan Nikašinić *

U ovom radu prikazani su klasifikacija, oznake i nazivi veličina i mernih jedinica Međunarodnog sistema mernih jedinica, SI (System International) koji se najčešće primenjuju u oblasti hlađenja i klimatizacije.

Radi veće preglednosti i pogodnijeg korišćenja, osnovne i izvedene merne jedinice razvrstane su u posebne grupe. Napomene, komentari i brojni primeri navedeni neposredno iza svake grupe jedinica treba pre svega da pruže pomoć prilikom praktične tehničke primene novih jedinica u oblasti hlađenja i klimatizacije, a zatim da istaknu moguće unifikacije u sistemu označavanja i izbora mernih jedinica u slučajevima gde su moguće alternative (primena jedinica: bar, °C i sl.).

U potpunosti su korišćene merne jedinice, simboli i oznake navedene u ISO preporukama R 786 (Units and Symbols for Refrigeration — ISO Recommendation R 786 — 1968).

Pregled sadrži i nekoliko reduciranih grupa izvedenih mernih jedinica koje se ne nalaze u ISO preporukama R 786, a koje se odnose na električne, akustične i molarne veličine.

Klasifikacija grupa izvedenih mernih jedinica izvršena je po ugledu na projekt standarda po GOST-u (sovjetski standardi).

Pojmovi mase i težine izazvali su česte nesporazume u tehničkoj primeni. Diferenciranjem pojmova težine i sile težine i uvođenjem iste merne jedinice (kilograma) za masu i težinu, kako predviđa

standard DIN 1305, odstranjuju se takve teškoće i omogućava primena pojma težine u svakodnevnom životu na dosadašnji način.

Merne jedinice SI upoređivane su sa mernim jedinicama sistema koji su se do sada najviše primenjivali u oblasti hlađenja i klimatizacije; za toplote veličine to je bio sistem jedinica: metar, kilogram (masa), sekunda, kelvin; za mehaničke veličine: metar, kilopond, sekunda. U odnosu na iste sisteme izraženi su i faktori preračunavanja mernih jedinica.

Nazivi i definicije mernih jedinica predviđenih za primenu u oblasti hlađenja i klimatizaciji u potpunosti odgovaraju mernim jedinicama u Zakonu o mernim jedinicama i merilima (»Službeni list SFRJ« br. 13/76), ukoliko Zakon sadrži merne jedinice te vrste.

Rok prestanka važnosti primene dosadašnjih sistema mernih jedinica, koji sadrže i neke veoma rasprostranjene i poznate merne jedinice, kao što su: atmosfera, konjska snaga, kalorija, mikron i dr. regulisan je različito za razne zemlje. U SFRJ taj rok je 31. 12. 1980, u Saveznoj Republici Nemačkoj, 31. 12. 1978. godine itd.

S obzirom na teškoće koje se mogu očekivati u toku prelaznog perioda i kasnijeg komuniciranja između institucija različitih tipova i lokacija, bilo bi korisno da se preko stručnih udruženja i drugih institucija, koje se bave hlađenjem i klimatizacijom, definišu predlozi standarda koji će ovu materiju regulisati jedinstveno za celu SFRJ.

1. Osnovne merne jedinice SI

| Red. broj | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka |
|-----------|--|--------|----------|--------|
| 1.1. | Dužina | l | metar | m |
| 1.2. | Masa ¹⁾ | m | kilogram | kg |
| 1.3. | Vreme ¹⁾ | t | sekunda | s |
| 1.4. | Jačina električne struje | I | amper | A |
| 1.5. | Termodinamička ili apsolutna temperatura ¹⁾²⁾³⁾ | T, θ | kelvin | K |
| 1.6. | Jačina svetlosti | I | kandela | cd |
| 1.7. | Količina materije ⁴⁾ | — | mol | mol |

NAPOMENE

1) Uporedo sa osnovnim mernim jedinicama SI, dozvoljena je i primena sledećih jedinica koje ne pripadaju ovom sistemu:

- za masu: — tona (oznaka: t) = 10³ kg
- za vreme: — minuta (oznaka: min) = 60 s
- sat ili čas (oznaka: h) = 3 600 s
- dan (oznaka: d) = 86 400 s

— sedmica, mesec i godina Gregorijan-
skog kalendara;

za temperaturu: — stepen Celzijusov (oznaka: °C) =
1 K. Temperatura od 0°C jednaka je
temperaturi od 273,15 K.

2) Temperature prostorija, sredine i spoljašnje okoline izražavaju se u stepenima Celzijusovim (°C). U tom slučaju temperatura se označava malim slovima: t ili θ.

Temperaturske razlike ili intervali izražavaju se uvek u kelvinima i označavaju sa ΔT ili Δθ. Pri tome nije dozvoljena upotreba raznih skraćenica kao što su: step., grad., deg., (°).

* Dušan Nikašinić, dipl. ing., FRU Jugostroj, 11000 Beograd, Patrijarha Dimitrija 12.

Primer 1

Ranije:

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 390^\circ\text{K} - 365^\circ\text{K} = 25^\circ$$

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 82^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C} = 42^\circ \text{ ili } 42 \text{ grad.}$$

sada:

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 390 \text{ K} - 365 \text{ K} = 25 \text{ K}$$

$$\Delta T = t_1 - t_2 = 82^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C} = 42 \text{ K}$$

Od izvedenih jedinica toplotnih veličina primenjuje se uvek kelvin umesto °C, (°) ili grad.

Primer 2

Ranije:

$$\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}; \quad \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}; \quad \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$$

sada:

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}; \quad \frac{\text{W}}{\text{mK}}; \quad \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

- 3) Ne primenjuje se više oznaka °K već samo K (bez kružića koji označava stepen, v. primer 1. i 2), budući da jedinicu kelvin treba smatrati kao veličinu a ne kao skalu. Cilzijus, međutim, ostaje skala pa i oznaka °C.
- 4) Na XIV generalnoj konferenciji za mere i tegove 1971. godine odlučeno je da se skupu od 6 osnovnih mernih jedinica SI doda i sedma, pod nazivom *mol*, kao jedinica za količinu materije.

2. Izvedene dopunske merne jedinice SI

| Red. broj | Naziv | Veličina | Oznaka | Naziv | Merna jedinica | Oznaka |
|-----------|----------------------------|----------|----------|-----------|----------------|--------|
| 2.1. | Ugao u ravni ¹⁾ | | α | radijan | | rad |
| 2.2. | Prostorni ugao | | Ω | steradian | | sr |

NAPOMENE

1) Za ugao u ravni, paralelno sa dopunskim mernim jedinicama SI, dozvoljena je i primena sledećih jedinica koje ne pripadaju ovom sistemu:

— puni ugao — 2π rad

— pravi ugao (oznaka: L) = $\pi/2$ rad

— stepen (oznaka: °) = $(1/90)L = (\pi/180)$ rad

— minuta (oznaka: ') = $(1/60)^\circ = (\pi/10800)$ rad

— sekunda (oznaka: ") = $(1/60)'$ = $(\pi/648000)$ rad

— gradus ili gon (oznaka: g) = $(\pi/200)$ rad

3. Izvedene merne jedinice prostora i vremena SI

| Red. broj | Naziv | Veličina | Oznaka | Naziv | Merna jedinica | Oznaka |
|-----------|---|----------|--------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------|
| 3.1. | Površina | | A | kvadratni metar | | m ² |
| 3.2. | Zapremina ¹⁾ | | V | kubni metar | | m ³ |
| 3.3. | Brzina | | w, \dot{r} | metar u sekundi | | m/s |
| 3.4. | Ubrzanje | | a | metar u sekundi na kvadrat | | m/s ² |
| 3.5. | Frekvencija (učestalost) periodičnog procesa | | v, f | herc | | Hz |
| 3.6. | Broj obrtaja ²⁾ (učestalost obrtaja) | | n | sekunda na minus prvi stepen ili herc | s ⁻¹ , Hz | |
| 3.7. | Ugaona brzina | | ω | radijan u sekundi | | rad/s |
| 3.8. | Ugaono ubrzanje | | ω | radijan u sekundi na kvadrat | | rad/s ² |

NAPOMENE

1) Za zapreminu, paralelno sa izvedenim jedinicama prostora i vremena dozvoljena je i primena sledeće jedinice koja ne pripada SI.

— litar (oznaka: l) = 1 dm³ = 10⁻³ m³

2) Broj obrtaja ili tačnije učestalost obrtaja (n) predstavlja broj punih obrtaja za jedinicu vremena koje telo učini prilikom obrtanja.

Period (T) nekog procesa predstavlja vreme u toku kojeg se završi 1 puni ciklus tog procesa (jedan puni krug, jedna puna oscilacija i sl.).

Primer 3

Između učestalosti obrtaja (n) i perioda (T) važi relacija $n = 1/T$. Stavljajući $T = 1 \text{ s}$ (1 sekunda) dobija se 1 jedinica učestalosti obrtaja = $1/1\text{s} = 1\text{s}^{-1} = 1 \text{ Hz}$.

Ako telo čini 1 obrtaj za 1 sekundu, imaće učestalost obrtaja: $n = 1 \text{ Hz}$.

Ako telo čini 1 obrtaj za 1 minut, imaće učestalost obrtaja: $n = 1/60 \text{ Hz} = 1,667 \cdot 10^{-2} \text{ Hz}$.

Ako telo čini N obrtaja za 1 minut, imaće učestalost obrtaja: $n = N/60 \text{ Hz} = 1,667 \cdot 10^{-2} \text{ NHz}$.

4. Izvedene merne jedinice mehaničkih veličina SI

| Red. broj | Veličina | Oznaka | Naziv | Merna jedinica | Oznaka |
|-----------|--|----------------|--|----------------|------------------------|
| 4.1. | Sila ¹⁾ | F | njutn | | N |
| 4.2. | Sila težine ²⁾ | F _c | njutn | | N |
| 4.3. | Zapreminska masa — gustina ³⁾ | ρ | kilogram po kubnom metru | | kg/m ³ |
| 4.4. | Specifična zapremina | δ | metar kubni po kilogramu | | m ³ /kg |
| 4.5. | Specifična težina ⁴⁾ | γ | njutn po kubnom metru | | N/m ³ |
| 4.6. | Maseni protok | q _m | kilogram u sekundi | | kg/s |
| 4.7. | Zapreminski protok | q _v | kubni metar u sekundi | | m ³ /s |
| 4.8. | Pritisak ⁵⁾ | p | njutn po kvadratnom metru ili Paskal | | N/m ² (Pa) |
| 4.9. | Normalni napon ⁶⁾ | σ | njutn po kvadratnom metru ili paskal | | N/m ² (Pa) |
| 4.10. | Tangencijalni napon | τ | njutn po kvadratnom metru ili paskal | | N/m ² (Pa) |
| 4.11. | Koeficijent stišljivosti | χ | metar kvadratni po njutnu | | m ² /N |
| 4.12. | Površinski napon | σ | njutn po metru | | N/m |
| 4.13. | Rad ⁷⁾ | W | džul | | J |
| 4.14. | Specifičan rad | w | džul po kilogramu | | J/kg |
| 4.15. | Energija | E | džul | | J |
| 4.16. | Snaga ⁸⁾ | P | vat | | W |
| 4.17. | Dinamička viskoznost ⁹⁾ | μ | paskal-sekunda ili njutn sekunda po kvadratnom metru | | (N·s·m ⁻²) |
| 4.18. | Kinematička viskoznost ¹⁰⁾ | ν | kvadratni metar u sekundi | | m ² /s |
| 4.19. | Momenat sile ili sprega ¹¹⁾ | M | njutn-metar | | N·m |
| 4.20. | Impuls sile | J | njutn-sekunda | | N·s |
| 4.21. | Količina kretanja | K | kilogram-metar u sekundi | | kg·m/s |
| 4.22. | Momenat količine kretanja | m _k | kilogram-metar na kvadrat u sekundi | | kg·m ² /s |
| 4.23. | Momenat inercije mase (dinamički) | J | kilogram-metar na kvadrat | | kg·m ² |
| 4.24. | Momenat inercije površine | J | metar na četvrti stepen | | m ⁴ |
| 4.25. | Otporni momenat površine | W | metar na treći stepen | | m ³ |

NAPOMENE

- 1) Nova izvedena jedinica za silu u SI je njutn (oznaka: N). Njutn je sila koja telo mase 1 kilograma ubrzava za 1 metar u sekundi na kvadrat (1 N = 1 kg·1 m/s²).
 Dosadašnja jedinica za silu u tehničkom sistemu mera bio je kilopond (oznaka: kp).
 Između ovih dveju jedinica postoji sledeća relacija:

$$1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp} \approx 0,1 \text{ kp}$$

Kada se pri tehničkim proračunima dozvoljava greška do 2%, tada se za pretvaranje kiloponda u njutne može koristiti faktor 10.

- 2) Prema DIN-u 1305 uvode se definicije:
 a) Sila težine: $F_c = m \cdot g$ je sila koja se izračunava na osnovu ubrzanja zemljine teže; u SI izražava se u istim jedinicama kao svaka sila, tj. u njutnima — N.
 b) Težina = masa; težina je pojam za masu odnosno količinu materije (a ne za silu) i izražava se u SI istim jedinicama kao i sama, tj. u kg.

Na taj način eliminiše se razlika između pojmova mase i težine, koja je izazivala mnogobrojne nesporazume u tehničkoj praksi.

Primer 4

Težina tela je 2 kp (težina je izražena osnovnom jedinicom sile u do sada primenjivanom tehničkom sistemu mera). Odrediti masu tela u SI.

Sve veličine koje ulaze u proračunsku formulu treba izraziti u jedinicama SI pa imamo:

$$F_c = 2 \text{ kp} = 2 \cdot 9,81 \text{ N}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$m = \frac{F_c}{g} = \frac{2 \cdot 9,81 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 2 \frac{\text{N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} = 2 \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} = 2 \text{ kg}$$

Oдавде proizilazi važan zaključak: brojna vrednost mase u SI jednaka je brojnoj vrednosti težine tog tela u tehničkom sistemu mera.

- 3) Zapreminska masa — gustina ρ u kg/m³ u SI i specifična težina γ u kp/m³ u tehničkom sistemu jedinica, imaju jednake brojne vrednosti, što proizilazi iz jednakosti brojnih vrednosti mase i sile težine u ova dva sistema (v. primer 4). Na taj način mogu se bez izmena koristiti postojeći brojni podaci iz tablica specifičnih težina i drugih pokazatelja svedenih na jedinicu mase, kao što su npr.: specifična zapremina, maseni protok i sl.
 4) Tačniji naziv trebalo bi da glasi: specifična sila težine ili zapreminska sila težine.
 5) Nova izvedena jedinica za pritisak odnosno napon u SI je paskal (oznaka: Pa). Paskal je pritisak (napon) koji proizvodi sila od 1 njutna, koja je ravnomerno raspoređena i deluje upravo na ravnu površinu od 1 kvadratnog metra:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Za pritisak je, osim paskala, dozvoljena i primena posebne merne jedinice koja ne pripada SI, a koja je definisana ovako:

1 bar \equiv 100 000 Pa \equiv $10^5 \cdot$ Pa

U području rashladne i klimatizacijske tehnike nalaze primenu i umnošci odnosno delovi ovih jedinica:

1 megapaskal (oznaka: MPa) \equiv 10^6 Pa

1 milibar (oznaka: mbar) = 10^{-3} bar

1 bar = 0,1 MPa = 1000 mbar = 100 000 Pa

Mada je primena jedinica bar i mbar odomaćena i dozvoljena u mnogim zemljama, potrebno je napomenuti da je bar samo specijalan naziv za 0,1 MPa i da se jedinice bar i mbar primenjuju samo za kvalitativnu procenu u pojedinim oblastima, kao što su: meteorologija, vakuumska tehnika, posude i mašine pod pritiskom, dok u svim proračunima treba primenjivati mernu jedinicu paskal (Pa).

Ubuduće, pritisak ili pad pritiska, ne mogu biti izražavani u mernim jedinicama kao što su: 1 at (ata, atn, atü) = 1 kp/cm² ili milimetrima vodenog stuba (mmVS) ili milimetrima živinog stuba (mmHg).

Primer 5

Pritisci u rezervoarima, sudovima pod pritiskom i mašinama izražavaju se pogodno u jedinicama bar.

Budući da više ne postoje oznake koje određuju da li se radi o nadpritisaku, apsolutnom ili atmosferskom pritisku (atn, ata, atm) neophodno je ispred brojne vrednosti pritiska naznačiti o kakvom pritisku se radi.

Primer označavanja, ako u posudi pod pritiskom vlada radni nadpritisak od 10 atmosfera:

ranije: radni pritisak 10 atn (ili 10 atm)

sada: radni nadpritisak 10 bar ili
radni pritisak 10 bar

Ako nema dopunskih objašnjenja, reči »radni pritisak« označavaju da se radi o pritisku iznad atmosferskog, dakle nadpritisaku.

Primer označavanja, ako u posudi pod pritiskom vlada apsolutni pritisak od 10 atmosfera:

ranije: pritisak 10 ata

sada: pritisak 10 bar ili
apsolutni pritisak 10 bar

Oznaka: pritisak 10 bar bez ikakvih dopunskih objašnjenja označava da se radi o apsolutnom pritisku od 10 bar. Da bi se izbegla svaka mogućnost zabune, umesto samo: pritisak, može se napisati: apsolutni pritisak.

Primer 6

Nominalni pritisci za cevne vodove i armature i maksimalni dozvoljeni radni nadpritisci izražavaju se pogodno u jedinicama bar.

Oznakom npr. 25 NP određen je nominalni pritisak:

ranije: P = 25 kp/cm²

sada: P = 25 bar

Primer 7

Pad pritiska kroz cevi kroz koje protiču fluidi u tečnom stanju pogodno je izraziti jedinicom: milibar (mbar).

Pad pritiska kroz cevi kroz koje protiču gasoviti fluidi pogodno je izraziti jedinicom: paskal (Pa).

Primer označavanja, ako pri strujanju fluida kroz neki elemenat sistema nastaje pad pritiska od 0,0015 atmosfera:

ranije: $\Delta P = 15$ mmVS

sada: $\Delta P = 150$ Pa

- 6) U tehničkom sistemu mera napon se izražavao obično u mernim jedinicama kp/mm² ili kp/cm². Da bi se ove veličine izrazile u SI jedinicama, potrebno je odrediti faktore preračuna:

$$1 \text{ kp/mm}^2 = \frac{9,806 \text{ N}}{10^{-6} \text{ m}^2} = 9,81 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ kp/cm}^2 = \frac{9,806 \cdot \text{N}}{10^{-4} \text{ m}^2} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

Za dozvoljene relativne greške do 2%, faktori preračunavanja mogu biti jednostavniji:

$$1 \text{ kp/mm}^2 = 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ kp/cm}^2 = 10^5 \text{ N/m}^2$$

Primer 8

Čvrstoća nekog materijala σ_M označava se ovako:

ranije: $\sigma_M \equiv 78 + 85$ kp/mm²

sada: $\sigma_M = 78 \cdot 10^7 + 85 \cdot 10^7$ N/m²

ili sa tačnijim faktorom proračunavanja:

$$\sigma_M = 73,6 \cdot 10^7 + 83,5 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$$

Primer 9

Modul klizanja G, npr. čelika za opruge, označava se ovako:

ranije: G = 8300 kp/mm²

sada: G = 8300 \cdot 10⁷ N/m²

- 7) Jedinica za energiju, rad i količinu toplote je džul (joule) — (oznaka: J). Džul je jednak radu koji izvrši sila 1 njutna, kada se njena napadna tačka pomeri u pravcu i smeru sile za 1 metar:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

Dosadašnja jedinica za rad u tehničkom sistemu mera bio je kilopondmetar (oznaka: kpm). Između ovih jedinica postoji sledeća relacija:

$$1 \text{ kpm} = 9,81 \text{ J}$$

$$1 \text{ J} = 0,102 \text{ kpm}$$

Kao merna jedinica za energiju, rad i količinu toplote naročito u elektrotehnici, može se koristiti i merna jedinica vatčas (oznaka: Wh) koja ne pripada SI:

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J} \equiv 3,6 \text{ kJ}$$

ili kilovatčas (oznaka: kWh):

$$1 \text{ kWh} = 10^3 \text{ Wh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ (megadžul)}$$

$$1 \text{ MJ} = 0,278 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ GJ} = 278 \text{ kWh}$$

- 8) Jedinica za snagu, energetski i toplotni fluks je vat (watt) — (oznaka: W). Vat je snaga kojom se obavi rad od 1 džula u sekundi:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

Veća jedinica koja se često upotrebljava je kilovat: 1 kW = 10³ W.

Dosadašnja jedinica za snagu u tehničkom sistemu mera bila je kilopondmetar u sekundi (oznaka: kpm/s).

Između ovih jedinica postoji sledeća relacija:

$$1 \text{ kpm/s} = 9,81 \text{ W}$$

U dosadašnjim sistemima mnogo se koristila jedinica — konjska snaga (oznaka: KS) pri čemu je:

$$1 \text{ KS} = 735,5 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP (britanska konjska snaga)} = 745,7 \text{ W}$$

9) Do sada primenjivane merne jedinice za dinamičnu viskoznost su:

$$\text{U tehničkom sistemu mera } \text{kp.s/m}^2$$

$$\text{U CGS sistemu mera — 1P (poaz)} = 1 \text{ din.s/cm}^2$$

$$\text{U CGS sistemu mera — 1cP (centipoaz)} = 10^{-2} \text{ P}$$

Između ovih jedinica i merne jedinice za dinamičku viskoznost u SI N.s/m² ili Pa.s postoje sledeće relacije:

$$1 \text{ kp.s/m}^2 = 9,81 \text{ N.s/m}^2 = 9,81 \text{ Pa.s}$$

$$1 \text{ P(poaz)} = \frac{10^{-5} \text{ N.s}}{10^{-4} \text{ m}^2} = 0,1 \text{ N.s/m}^2 = 0,1 \text{ Pa.s}$$

$$1 \text{ cP(centipoaz)} = 0,001 \text{ N.s/m}^2 = 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

10) Do sada primenjivane merne jedinice za kinematičku viskoznost su:

$$\text{U tehničkom sistemu mera — m}^2/\text{s}$$

$$\text{U CGS sistemu mera — 1 St(stoks)} = 1 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\text{U CGS sistemu mera — 1 cSt(centistoks)} = 10^{-2} \text{ St}$$

Između ovih jedinica i merne jedinice za kinematičku viskoznost u SI m²/s postoje sledeće relacije:

$$1 \text{ St (stoks)} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$1 \text{ cSt (centistoks)} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

11) U tehničkim proračunima torzioni ili obrtni momenat izračunava se po obrascu:

$$\text{rani je: } M_t = 716,2 \frac{P}{n}$$

gde su: P — snaga u KS, n — broj obrtaja u minutu;

M_t — momenat torzije u kpm;

$$\text{sada: } M_t = P/w$$

5. Izvedene merne jedinice toplotnih veličina SI

| Red. broj | Naziv | Oznaka | Naziv | Oznaka | Merna jedinica |
|-----------|---|----------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------|
| 5.1. | Količina toplote ¹⁾ | Q | džul | J | |
| 5.2. | Entalpija | H | " | J | |
| 5.3. | Unutrašnja energija | U | " | J | |
| 5.4. | Slobodna energija | F | " | J | |
| 5.5. | Slobodna entalpija | G | " | J | |
| 5.6. | Eksergija | E | " | J | |
| 5.7. | Latentna toplota transformacije faze | L | " | J | |
| 5.8. | Specifična entalpija ²⁾ | h | džul po kilogramu | J/kg | |
| 5.9. | Specifična unutrašnja energija | u | " | J/kg | |
| 5.10. | Specifična slobodna energija | f | " | J/kg | |
| 5.11. | Specifična slobodna entalpija | g | " | J/kg | |
| 5.12. | Specifična eksergija | e | " | J/kg | |
| 5.13. | Specifična latentna toplota transformacije faze | l | " | J/kg | |
| 5.14. | Masena rashladna sposobnost ³⁾ | q | " | J/kg | |
| 5.15. | Zapreminska rashladna sposobnost ⁴⁾ | q _o | džul po kubnom metru | J/m ³ | |
| 5.16. | Toplotni kapacitet | C | džul po kelvinu | J/K | |
| 5.17. | Entropija | S | " | J/K | |
| 5.18. | Specifična entropija | s | džul po kilogramkelvinu | J/(kg·K) | |
| 5.19. | Masena količina toplote — — specifična toplota ⁵⁾ | c | " | J/(kg·K) | |
| 5.20. | Masena količina toplote pri stalnom pritisku | c _p | " | J/(kg·K) | |
| 5.21. | Masena količina toplote pri stalnoj zapremini | c _v | " | J/(kg·K) | |
| 5.22. | Odnos masenih količina toplote | x | — | — | |
| 5.23. | Toplotni fluks ⁶⁾ | Φ | vat | W | |
| 5.24. | Toplotno opterećenje ⁷⁾ | Φ _k | " | W | |
| 5.25. | Rashladni kapacitet ⁸⁾ | Φ _o | " | W | |
| 5.26. | Gustina toplotnog fluksa | φ | vat po kvadratnom metru | W/m ² | |
| 5.27. | Toplotna provodnost ⁹⁾ | λ | vat po metru i kelvinu | W/(m·K) | |
| 5.28. | Ekvivalentna toplotna provodnost | λ _e | " | W/(m·K) | |
| 5.29. | Koeficijent prelaza toplote | α | " | W/(m·K) | |
| 5.30. | Koeficijent prolaza toplote ¹⁰⁾ | K | vat po kvadratnom metru i kelvinu | W/(m ² ·K) | |
| 5.31. | Temperaturski gradijent | grad T | kelvina po metru | K/m | |
| 5.32. | Temperaturska provodnost | a | kvadratnih metara po sekundi | m ² /s | |
| 5.33. | Temperaturski koeficijent linearnog širenja | α _e | kelvin na minus prvi stepen | K ⁻¹ | |
| 5.34. | Temperaturski koeficijent zapreminskog širenja | α _v | kelvin na minus prvi stepen | K ⁻¹ | |
| 5.35. | Temperaturski koeficijent porasta pritiska | β | " | K ⁻¹ | |
| 5.36. | Specifična vlažnost (apsolutna vlažnost) | X | — | — | |
| 5.37. | Relativna vlažnost | φ _p | — | — | |
| 5.38. | Stepen zasićenja | Ψ | — | — | |

gde su: P — snaga u W, w — ugaona brzina u rad/s,

M_t = momenat torzije u N.m

- 1) Toplota, rad i energija su veličine iste prirode i zato u SI imaju istu mernu jedinicu, džul (oznaka: J) ili njene umnoške: kilodžul (oznaka: kJ), megadžul (oznaka: MJ) i gigadžul (oznaka: GJ).

Umesto do sada primenjivanih jedinica: kilokalorija (kcal), megakalorija (Mcal) i gigakalorija (Gcal), primenjivaće se: kilodžul (kJ), megadžul (MJ) i gigadžul (GJ), pri čemu važe sledeći faktori preračunavanja:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kcal}_{IT} &= 4,186 \text{ kJ (tačno)} \approx 4,19 \text{ kJ} \\ 1 \text{ kcal}_{15} &= 1 \text{ fg} = 4,1855 \text{ kJ (tačno)} \approx 4,19 \text{ kJ} \\ 1 \text{ kJ} &= 0,239 \text{ kcal} \\ 1 \text{ Mcal} &= 4,19 \text{ MJ} \\ 1 \text{ MJ} &= 0,239 \text{ Mcal} \end{aligned}$$

Ne mogu se ubuduće primenjivati jedinice: kalorija (cal); internacionalna kilokalorija (kcal_{IT}), petnaestostepena kilokalorija (kcal_{15}), frigorija (fg) i umnošci ili delovi ovih jedinica.

- 2) Specifična entalpija h (ranija uobičajena oznaka: i) označava entalpiju svedenu na jedinicu mase. Isto važi i za ostale specifične veličine naznačene pod 5.9 — 5.14.

Primer 10

Specifična entalpija suvozasicene pare amonijaka pri temperaturi isparavanja $t_s = -10^\circ\text{C}$ označava se:

ranije: $i_1 = 398,67 \text{ kcal/kg}$ (podatak iz tabela ili dijagrama)

sada: $h_1 = 1673 \text{ kJ/kg}$

Ovde je primenjen faktor preračuna:

$1 \text{ kcal} = 4,2 \text{ kJ}$.

Primer 11

Toplota isparavanja I (ranija uobičajena oznaka: r) ili specifična latentna toplota transformacije vode pri isparavanju pri pritisku od 1 bar (~ 1 ata) označava se:

ranije: $r = 539 \text{ kcal/kg}$

sada: $l = 2257 \text{ kJ/kg}$

Ovde je primenjen faktor preračuna:

$1 \text{ kcal} = 4,2 \text{ kJ}$.

- 3) Masena rashladna sposobnost q definisana je kao odnos rashladnog kapaciteta Φ_o u W i masenog protoka q_m u kg/s ili kao rashladni kapacitet po jedinici masenog protoka:

$$q = \frac{\Phi_o}{q_m}$$
$$\frac{1 \text{ W}}{1 \text{ kg/s}} = \frac{1 \text{ J/s}}{1 \text{ kg/s}} = 1 \text{ J/kg}$$

- 4) Zapreminska rashladna sposobnost q_v definisana je kao odnos rashladnog kapaciteta Φ_o u W i zapreminskog protoka q_v u m^3/s ili kao rashladni kapacitet po jedinici zapreminskog protoka

$$q_v = \frac{\Phi_o}{q_v}$$

$$\frac{1 \text{ W}}{1 \text{ m}^3/\text{s}} = \frac{1 \text{ J/s}}{1 \text{ m}^3/\text{s}} = 1 \text{ J/m}^3$$

- 5) Prelaskom na nove jedinice SI sistema menjaju se brojne vrednosti masenih količina toplote (raniji uobičajen naziv: specifična toplota). Kalo-rični proračuni sa vodom postaju složeniji, a sa vazduhom jednostavniji:

Primer 12

Masena količina toplote vode označava se:

ranije: $c = 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

sada: $c = 4,19 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$

Masena količina toplote vazduha pri atmosferskim uslovima označava se:

ranije: $c = 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

sada: $c \approx 1,0 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$

- 6) Toplotni fluks izražavao se do sada u mernim jedinicama kcal/h ili cal/s.

Između ovih mernih jedinica i merne jedinice SI — vata, postoje sledeće relacije:

$1 \text{ cal}_{IT}/\text{s} = 4,1868 \text{ W}$

$$1 \text{ kcal}_{IT}/\text{h} = \frac{4,1868 \cdot 10^3 \text{ J}}{3,6 \cdot 10^3 \cdot \text{s}} = 1,163 \text{ W}$$

- 7) Toplotno opterećenje je poseban naziv za toplotni fluks od rashladnog uređaja ka drugim toplim telima, npr. predaja toplote vodi ili vazduhu za hlađenje u kondenzatorima i prehladivačima, ili sistemu za hlađenje cilindra ili glava kompresora; gubitak toplote kroz potisne cevovode; predaja toplote u međuhladnjacima i drugim pomoćnim aparatima.

- 8) Merne jedinice za rashladni kapacitet Φ_o (ranija uobičajena oznaka Q_o), često upotrebljavane jedinice u tehnici hlađenja, bile su: $\text{kcal}_{15}/\text{h}$ ili fg/h (frigorija po času).

U SI, merna jedinica za rashladni kapacitet je vat (oznaka: W).

Između ovih mernih jedinica postoje sledeće relacije:

$1 \text{ kcal}_{IT}/\text{h} = 1,163 \text{ W}$

$10^3 \text{ kcal}_{IT}/\text{h} = 1,163 \text{ kW}$

$1 \text{ kW} = 860 \text{ kcal}_{IT}/\text{h}$

Primer 13

Označavanje rashladnog kapaciteta kompresora od 100 000 kcal/h pri određenim uslovima:

ranije: $Q_o = 100\,000 \text{ kcal/h}$

sada: $\Phi_o = 116,3 \text{ kW}$

- 9) Toplotna provodnost izražava se u SI mernom jedinicom $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Do sada se toplotna provodnost izražavala mernom jedinicom $\text{kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{C}^\circ)$.

Budući da je $1 \text{ kcal}/\text{h} = 1,163 \text{ W}$ postoji sledeća relacija:

$$1 \text{ kcal}_{\text{IT}}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,163 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

ili:

$$10^3 \text{ kcal}_{\text{IT}}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,163 \text{ kW}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Primer 14

Označavanje toplotne provodnosti aluminijuma:

ranije: $\lambda = 175 \text{ kcal}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$

sada: $\lambda = 204 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ili

$\lambda = 0,204 \text{ kW}/(\text{m} \cdot \text{K})$

- 10) Koeficijent prolaza toplote K izražava se u SI mernom jedinicom $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
Do sada se ovaj koeficijent izražavao mernom jedinicom $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$.

Budući da je $1 \text{ kcal}/\text{h} = 1,163 \text{ W}$ postoje sledeće relacije:

$$1 \text{ kcal}_{\text{IT}}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,163 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \text{ ili}$$

$$10^3 \text{ kcal}_{\text{IT}}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,163 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) = 0,860 \text{ kcal}_{\text{IT}}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$1 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) = 860 \text{ kcal}_{\text{IT}}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$$

Primer 15

Označavanje koeficijenta prolaza toplote npr. $K = 600 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$:

ranije: $K = 600 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$

sada: $K = 698 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

(Kraj u sledećem broju)