

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**



**Agromická  
fakulta**

**FYZIKÁLNÍ ZÁKLADY TECHNIKY**

návody do cvičení

prof. Ing. Bořivoj Groda, DrSc.

Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D.

Ing. Petr Trávníček

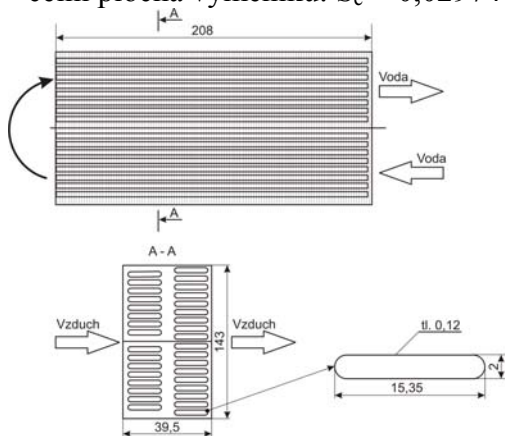
I. Rekuperační výměník tepla.....	3
01. Zadání cvičení.....	3
02. Metodický výklad .....	3
02.1 Teoretické řešení rekuperačního výměníku .....	4
02.11 Stanovení součinitele přestupu tepla na straně vody .....	5
02.12 Stanovení součinitele přestupu tepla na straně vzduchu.....	6
03. Zadání protokolu.....	7
II. Rozbor procesu sušení tepelným čerpadlem.....	8
01. Zadání cvičení.....	8
02. Metodický výklad .....	8
02.1 Rozbor teoretické soustavy s uzavřeným oběhem sušícího media .....	8
02.6 Laboratorní trať sušárny s TČ.....	9
03. Zadání protokolu.....	11
III. Chladicí zařízení .....	12
01. Zadání cvičení.....	12
02. Metodický výklad .....	12
02.1 Teoretické řešení chladícího oběhu .....	12
02.2 Měřicí trať chladících oběhů - zařízení.....	13
03. Zadání protokolu.....	14
IV. Měření odporů proudění třením a místními vřazenými odpory .....	15
01. Zadání cvičení.....	15
02. Metodický výklad .....	15
02.1 Teoretické řešení.....	15
02.2 Měřicí trať .....	18
03. Zadání protokolu.....	19
V. Měření charakteristiky odstředivého čerpadla.....	20
01. Zadání cvičení.....	20
02. Metodický výklad .....	20
02.1 Teoretické řešení.....	20
02.2 Měřicí trať .....	21
02.3 Vyhodnocení měření.....	21
03. Zadání protokolu.....	23
VI. Seznam literatury.....	24
VII. Přílohy.....	26

## I. REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍK TEPLA

### 01. Zadání cvičení

- na základě měření rekuperačního výměníku tepla vyhodnoťte podmínky sdílení tepla pro různá teplotná média (vodu, vzduch) tj. určete hodnoty součinitelů přestupu tepla ( $\alpha$ ),  $[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$  a to za různých podmínek - rychlostí proudění uvedených teplotných tekutin. Návazně stanovte součinitel prostupu tepla pro uvedené rozdílné podmínky sdílení tepla pevnou teplosměnnou plochou rekuperačního výměníku tepla. V měřící trati je použit rekuperační výměník (obr. č. I-1) jehož rozměry jsou následující:

- celkové rozměry výměníku (v x š x h) 208 mm x 143 mm x 39,5 mm
- rozměr trubky: (v x d x hl x tl) 2 mm x 208 mm x 15,35 mm x 0,12mm  
počet trubek  $n_t = 34$  ks  
vnitřní průřez trubky  $S_t = 2,659 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$
- rozměry žebér (v x š x tl) 143 mm x 39,5 mm x 0,15 mm
- počet žebér  $n_z = 135$  ks
- plocha "suchého" povrchu výměníku (ve styku se vzduchem):  $S_s = 0,8670 \text{ m}^2$
- plocha "mokrého" povrchu výměníku (ve styku s vodou):  $S_m = 0,2386 \text{ m}^2$
- čelní plocha výměníku:  $S_c = 0,02974 \text{ m}^2$



Obr. č. I-1 Schéma rekuperačního výměníku

### 02. Metodický výklad

- sdílení tepla v rekuperačním výměníku lze vyjádřit zákonem zachování energie mezi ohřívacím médiem - vodou (index v), ohřívaným médiem - vzduchem (index vz) a tepelným tokem sdíleným teplosměnnou plochou (S) rekuperačního výměníku. Tedy platí:

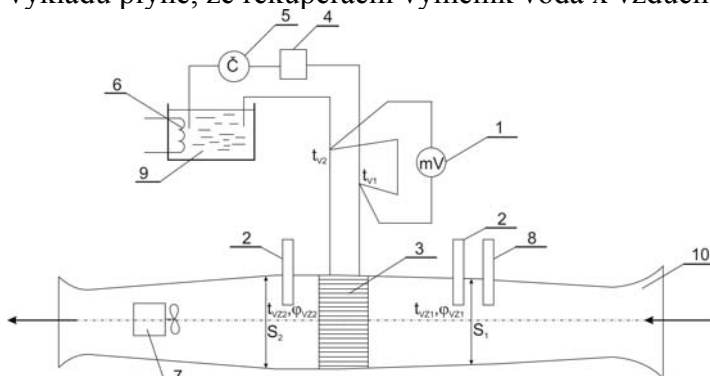
$$Q_{mv} \cdot c_v \cdot (t_{v1} - t_{v2}) = Q_{mvz} \cdot c_{vz} \cdot (t_{vz1} - t_{vz2}) = S \cdot k \cdot \Delta t_s \quad [\text{W}] \quad (\text{I-1})$$

kde značí:

- $Q_{mv}$ ,  $Q_{mvz}$  - hmotnostní průtok vody a vzduchu výměníkem  $[\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}]$
- $c_v$ ,  $c_{vz}$  - měrná tepelná kapacita vody a vzduchu  $[\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$
- $t_{v1}$ ,  $t_{v2}$  - teplota vody na vstupu a výstupu výměníku  $[\text{K}]$
- $t_{vz1}$ ,  $t_{vz2}$  - teplota vzduchu na vstupu a výstupu výměníku  $[\text{K}]$
- S - teplosměnná plocha rekuperačního výměníku  $[\text{m}^2]$
- k - součinitel prostupu tepla  $[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
- $\Delta t_s$  - střední rozdíl teplot rekuperačního výměníku  $[\text{K}]$

Pro stanovení tepelných výkonů (toků) ohřívacího a ohřívaného media je nutno měřit jejich hmotnostní průtoky ( $Q_{mv}$ ,  $Q_{mvz}$ )  $[\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}]$  a teploty před a za rekuperačním

výměníkem ( $t_{v1,2}$ ,  $t_{vz1,2}$ ) [°C]. Měření těchto veličin umožňuje měřicí trať (obr. č. I-2). Ohřívací medium je ohříváno elektrickým topným tělesem (6) v tlakové nádobě (9). Čerpadlem (5) je dopravováno přes objemový průtokoměr (4) do rekuperačního výměníku (3). Teploty ohřívacího media na vstupu ( $t_{v1}$ ) a výstupu ( $t_{v2}$ ) jsou měřeny termočlánky (1). Ohřívání medium - vzduch vstupuje speciálně konstruovanou dýzou (10), průřezem  $S_1$  do rekuperačního výměníku. V průřezu  $S_1$  se anemometrem (8) měří rychlost proudění vzduchu ( $w_{vz1}$ ), zároveň se v průřezích  $S_1$  a  $S_2$  měří čidly (2) teplota ( $t_{vz1,2}$ ) a relativní vlhkost vzduchu ( $\phi_{vz1,2}$ ). Proudění vzduchu vyvozuje ventilátor (7). Z výkladu plyne, že rekuperační výměník voda x vzduch je křížoproudý.



Obr. č. I-2 Měřicí trať rekuperačního výměníku tepla

### 02.1 Teoretické řešení rekuperačního výměníku

- skutečný součinitel prostupu tepla ( $k_s$ ) lze vyjádřit z rovnice I-1:

$$k = \frac{Q_{mv} \cdot c_v \cdot (t_{v1} - t_{v2})}{S_m \cdot \Delta t_s} = \frac{Q_{mvz} \cdot c_{vz} \cdot (t_{vz1} - t_{vz2})}{S_s \cdot \Delta t_s} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \text{(I-2)}$$

kde značí:

- $k$  - součinitel prostupu tepla  $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
- $Q_{mv}, Q_{mvz}$  - hmotnostní průtok vody a vzduchu výměníkem  $[\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}]$
- $c_v, c_{vz}$  - měrná tepelná kapacita vody a vzduchu  $[\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
- $t_{v1}, t_{v2}$  - teplota vody na vstupu a výstupu výměníku  $[\text{K}]$
- $t_{vz1}, t_{vz2}$  - teplota vzduchu na vstupu a výstupu výměníku  $[\text{K}]$
- $S_s$  - plocha "suchého" povrchu výměníku (ve styku se vzduchem)  $[\text{m}^2]$
- $S_m$  - plocha "mokrého" povrchu výměníku (ve styku s vodou)  $[\text{m}^2]$
- $\Delta t_s$  - střední rozdíl teplot rekuperačního výměníku  $[\text{K}]$

Vypočtený součinitel prostupu tepla je současně dán vztahem:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_v} + \frac{t\ell}{\lambda_{Cu}} + \frac{1}{\alpha_{vz}}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \text{(I-3)}$$

kde značí:

- $k$  - součinitel prostupu tepla  $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
- $t\ell$  - tloušťka stěny trubky výměníku  $[\text{mm}]$
- $\lambda_{Cu}$  - součinitel vedení tepla mědi  $[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
- $\alpha_v$  - součinitel přestupu tepla na straně vody  $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
- $\alpha_{vz}$  - součinitel přestupu tepla na straně vzduchu  $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

Podle rovnice I-2 se vyhodnotí součinitel prostupu tepla ( $k$ ) na základě změřených veličin. Střední rozdíl teplot křížoproudého výměníku ( $\Delta t_s$ ) se stanoví z

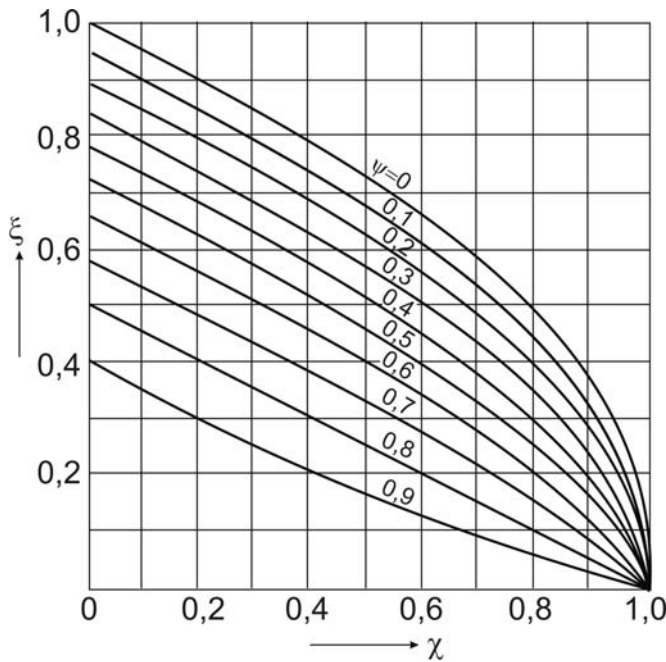
rovnice:

$$\Delta t_s = \xi \cdot (t_{v1} - t_{vz1}) \quad [\text{K}] \quad (\text{I-4})$$

- součinitel  $\xi$  závisí na poměru rozdílů teplot:

$$\psi = \frac{t_{v1} - t_{v2s}}{t_{v1} - t_{vz1}}; \quad \chi = \frac{t_{vz2s} - t_{vz1}}{t_{v1} - t_{vz1}} \quad (\text{I-5})$$

kde  $t_{v2s}$ ,  $t_{vz2s}$  jsou střední konečné teploty vody a vzduchu. Závislost  $\xi$  na  $\psi$  a  $\chi$  se zjišťuje z diagramu (obr. č. I-3).



Obr. č. I-3 Závislost  $\xi$  na  $\psi$  a  $\chi$

Součinitel prostupu tepla ( $k$ ) lze vyjádřit výpočtem i z rovnice I-3. Pro tento postup nutno výpočtem předem stanovit součinitele přestupu tepla z ohřívacího media - vody do měděné stěny ( $\alpha_v$ ) výměníku a ze stěny do ohřívajícího vzduchu ( $\alpha_{vz}$ ).

Součinitelé " $\alpha_i$ " závisí na mnoha veličinách a faktorech. Určují se pro charakteristické případy sdílení tepla pomocí kritériálních rovnic sestavených z tzv. bezrozměrných kritérií Nusseltova ( $Nu$ ), Reynoldsova ( $Re$ ), Prandtlova ( $Pr$ ).

### 02.11 Stanovení součinitele přestupu tepla na straně vody

- při tomto sdílení tepla proudí svisle dolů voda nekruhovými kanály. Proudění je nucené vyvozené oběhovým čerpadlem. Při turbulentním proudění v přímých nekruhových kanálech ekvivalentního průměru ( $d_e$ ) a charakteristického rozměru - délky trubek výměníku ( $L$ ) se nejčastěji používají kritériální rovnice tvaru:

$$Nu_v = 0,023 \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_n \cdot Re_v^{0,8} \cdot Pr_v^{0,4} \quad (\text{I-6})$$

korekční součinitelé mají hodnotu:

$$\varepsilon_n = 1 \text{ pro } \frac{L}{d_e} > 50; \quad \varepsilon_n < 1 \text{ pro } \frac{L}{d_e} < 50$$

$$\varepsilon_t = 1 \text{ pro } Re \geq 10000; \quad \varepsilon_t < 1 \text{ pro } Re = 2400 \div 10000$$

nebo

$$\text{Nu}_v = 0,023 \cdot \text{Re}_v^{0,8} \cdot \text{Pr}_v^{0,35} \cdot \left( \frac{L}{d_e} \right)^{-0,54} \quad (\text{I-7})$$

Rovnice platí pro  $\text{Pr} = 70 \div 370$  a  $\text{Re} = 4500$  až  $500\,000$ .

Výpočtem ověřte, která z rovnic dosahuje těsnější shody. Bezrozměrná čísla jsou dány známými vztahy.

$$\text{Re}_v = \frac{w_v \cdot d_e}{\nu_v}; \quad \text{Nu}_v = \frac{\alpha_v \cdot d_e}{\lambda_v}; \quad \text{Pr}_v = \frac{\eta_v \cdot c_v}{\lambda_v}$$

kde značí:

$\text{Re}_v$	- Reynoldsovo kritérium [-]
$w_v$	- rychlost proudění vody Reynoldsovo číslo [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$d_e$	- ekvivalentní průměr přímých nekruhových kanálů výměníku [m]
$\nu_v$	- kinematická viskozita vody [ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$\text{Nu}_v$	- Nusseltovo kritérium [-]
$\alpha_v$	- součinitel přestupu tepla na straně vody [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]
$\lambda_v$	- součinitel vedení tepla vody [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]
$\text{Pr}_v$	- Prandtlovo kritérium [-]
$\eta_v$	- dynamická viskozita vody [Pa.s]
$c_v$	- měrná tepelná kapacita vody [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

Ekvivalentní průměr nekruhových kanálů ( $d_e$ ) se stanoví z plochy průtočného průřezu trubky výměníku ( $S_t$ ) a jejího "omoceneného" obvodu ( $O_v$ ):

$$d_e = \frac{4 \cdot S_t}{O_v} \quad [\text{m}] \quad (\text{I-8})$$

Rychlost proudění vody ( $w_v$ ) trubkami ( $n_t = 34$ ) rekuperačního výměníku se stanoví z objemového průtoku ( $Q_{vv}$ ) podle rovnice:

$$w_v = \frac{Q_{vv}}{n_t \cdot S_t} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (\text{I-9})$$

Objemový průtok ( $Q_{vv}$ ) a tím i rychlost proudění ( $w_v$ ) je regulovatelná a to ve třech stupních, změnou otáček oběhového čerpadla.

Pro takto vypočtené hodnoty  $\text{Re}_v$  a  $\text{Pr}_v$  se z Nusseltova čísla vyjádří součinitel přestupu tepla ( $\alpha_v$ ) na straně vody z rovnice:

$$\alpha_v = \frac{\text{Nu}_v \cdot \lambda_v}{d_e} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (\text{I-10})$$

## 02.12 Stanovení součinitele přestupu tepla na straně vzduchu

- při tomto sdílení tepla proudí vzduch kolmo napříč svazku trubek, které jsou ve 2 řadách vystřídáně. Při tomto proudění mezi trubkami tj. "kanály" ekvivalentního průměru ( $D_e$ ) se používají často kritériální rovnice tvaru:

$$\text{Nu}_{vz} = 0,6 \cdot \text{Re}_{vz}^{0,5} \cdot \text{Pr}_{vz}^{0,31} \quad (\text{I-11})$$

nebo

$$\text{Nu}_{vz} = 0,297 \cdot \text{Re}_{vz}^{0,602} \quad (\text{I-12})$$

kde

$$\text{Re}_{vz} = \frac{w_{vz} \cdot D_e}{\nu_{vz}}; \quad \text{Nu}_{vz} = \frac{\alpha_{vz} \cdot D_e}{\lambda_{vz}}; \quad \text{Pr}_{vz} = \frac{\eta_{vz} \cdot c_{pvz}}{\lambda_{vz}}$$

Rychlost proudění vzduchu ( $w_{vz}$ ) se stanoví pro nejmenší průtočný průřez vzduchu tj. při průtoku vzduchu výměníkem volného průtočného průřezu “ $S_2$ “. V tomto průřezu však nelze rychlost vzduchu ( $w_{vz2}$ ) přímo měřit. Stanoví se pomocí rovnice kontinuity z měřené rychlosti “ $w_{vz1}$ “ v průřezu “ $S_1$ “ sací dýzy. Při malých změnách tlaku v průřezích  $S_1$  a  $S_2$  se měrná hmotnost vzduchu  $\rho_1 \approx \rho_2$  a pak platí:

$$w_{vz} = \frac{S_1}{S_2} \cdot w_{vz1} = \frac{S_1}{\psi \cdot S_c} w_{vz1} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (\text{I-13})$$

kde  $\psi$  je součinitel volného průtočného průřezu čelní plochy ( $S_c$ ) výměníku. Pro měření výměník se hodnota “ $\psi$ “ stanoví z geometrických rozměrů.

Rychlost  $w_{vz1}$  je regulovatelná stupňovitou regulací ventilátoru (7) a měří se anemometrem (9). Ekvivalentní průměr  $D_e$  se stanoví z rovnice:

$$D_e = \frac{4 \cdot S_2}{O_{vz}} = \frac{4 \cdot \psi \cdot S_c}{O_{vz}} \quad [\text{m}] \quad (\text{I-14})$$

kde  $O_{vz}$  je obvod volného průtočného průřezu výměníku.

Pro takto vypočtené  $\text{Re}_{vz}$  se z Nusseltova čísla vyjádří součinitel přestupu tepla ( $\alpha_{vz}$ ) na straně vzduchu z rovnice:

$$\alpha_{vz} = \frac{\text{Nu}_{vz} \cdot \lambda_{vz}}{D_e}$$

Pak již lze z rovnice I-3 výpočtem stanovit numerickou hodnotu součinitele prostupu tepla ( $k$ ).

Součinitel přestupu tepla  $\alpha_{vz}$  velmi závisí na charakteru proudění tímto kanálem. Charakter proudění vzduchu určuje tvar vstupní dýzy (10 - obr. č. I-2).

### 03. Zadání protokolu

1. Proved'te výpočet součinitelů přestupu tepla na straně vody a vzduchu rekuperačního výměníku tepla při různých průtocích ohřívacího media - vody, a ohřívajícího media - vzduchu prostřednictvím kritériálních rovnic
2. Z vypočtených součinitelů přestupu tepla ( $\alpha_v$ ,  $\alpha_{vz}$ ) stanovte hodnotu součinitele prostupu tepla ( $k$ ) a to při průtocích podle bodu 1.
3. Ze změřených charakteristických veličin při průtocích obou medií podle bodu 1 vyhodnoťte skutečnou hodnotu součinitele prostupu tepla ( $k$ ).
4. Z porovnání vypočteného ( $k$ ) a skutečného ( $k_s$ ) součinitele prostupu tepla posuďte těsnost shody kritériálních rovnic pro uvedený - měřený rekuperační výměník tepla.

## II. ROZBOR PROCESU SUŠENÍ TEPELNÝM ČERPADLEM

### 01. Zadání cvičení

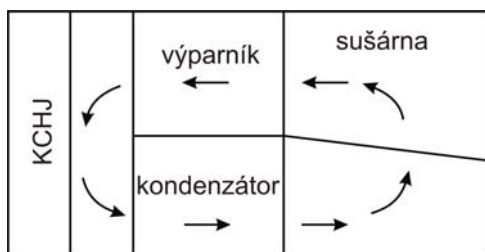
- na laboratorní sušárně s tepelným čerpadlem jako zdrojem tepla provedte měření procesu sušení hydrokopických materiálů. Z měření vyhodnoťte průběh sušení tj. stanovte průběh dehydratačního procesu  $u = f(\tau)$ ;  $N = \frac{du}{d\tau} = f(\tau)$ , vypočtete charakteristické veličiny procesu sušení ( $\ell$ ) [ $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]; ( $q$ ) [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] a analyzujte příčinné vztahy vnějšího a vnitřního děje tepelného čerpadla v procesu sušení.

### 02. Metodický výklad

- tepelné čerpadlo (TČ) jako zdroj tepla může se sušárnou pracovat v uzavřeném nebo otevřeném oběhu sušícího média. Rozbor této soustavy nutno provést v podmínkách teoretické a skutečné funkce.

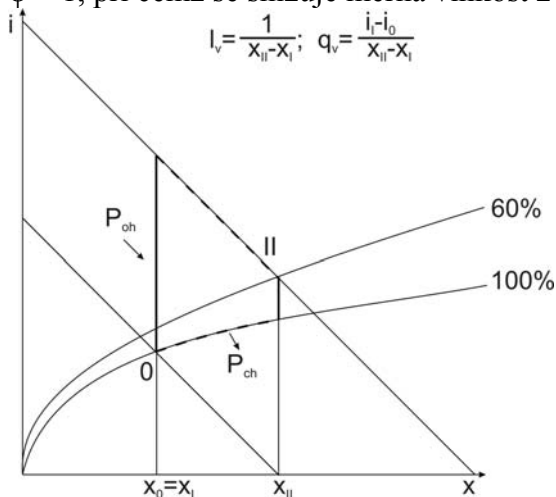
#### 02.1 Rozbor teoretické soustavy s uzavřeným oběhem sušícího média

- schéma této teoretické soustavy tvořené teoretickou sušárnou a teoretickým tepelným čerpadlem znázorňuje obr. č. II-1.



Obr. č. II-1 Sušárna s TČ s uzavřeným oběhem sušícího média

Tato teoretická soustava je dokonale izolována, tj. neexistují tepelné ani tlakové ztráty. Průtok sušícího média soustavou je konstantní a tepelný výkon pro ohřev sušícího média ( $P_{oh}$ ) průchodem přes kondenzátor TČ se shoduje s tepelným výkonem pro ochlazení téhož sušícího média ( $P_{ch}$ ) při jeho průchodu výparníkem TČ. Pak teplota sušícího média v  $i$ - $x$  diagramu (obr. č. II-2) probíhá po čáře  $x = \text{konst.}$  ze stavu "0" do stavu "I". Vlastní sušení v teoretické sušárně je izoentálpické ze stavu "I" do stavu "II". Při průchodu vlhkostí nasyceného sušícího média výparníkem TČ se toto ochladí na stav  $\varphi = 1$  a při dalším ochlazení dochází ke kondenzaci vlhkosti po křivce  $\varphi = 1$ , při čemž se snižuje měrná vlhkost z  $x_{II}$  na  $x_0 = x_I$ .



Obr. č. II-2 Teoretická soustava s uzavřeným oběhem sušícího média v  $i$ - $x$  diagramu



Pro tuto teoretickou soustavu tedy platí podmínka:

$$P_{oh} - P_{ch} = 0 \quad [W] \quad (II-1)$$

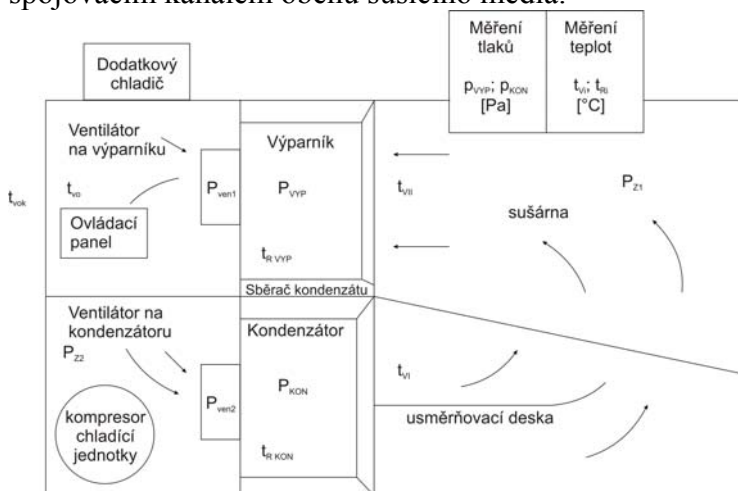
Schopnost sušení v této sušárně závisí na velikosti těchto tepelných výkonů ( $P_{oh}$ ,  $P_{ch}$ ). Při dané velikosti těchto tepelných výkonů ( $P_{oh}$ ,  $P_{ch}$ ) se sušící efekt zvyšuje posunutím sušícího cyklu do oblastí vyšších teplot, kde se dosahuje vyšších hodnot rozdílů měrných vlhkostí ( $\Delta x = x_{II} - x_I$ ), i při stejném rozdílu entalpií ( $\Delta i_v$ ). Toto tvrzení dokládá následující tabulka č. II-1 vypočtených hodnot pro srovnatelné podmínky tj. počáteční stav "0" leží na křivce  $\phi = 1$  a stav "II" na křivce  $\phi = 80 \%$ .

P.Č.	$t_{v0}$	$i_v$	$x_v$	$l_v$	$q_v$	% $q_v$	$t_{vr}$
	°C	$\text{kJ.kg}^{-1}$	$\text{g.kg}^{-1}$	$\text{kg.kg}^{-1}$	$\text{kJ.kg}^{-1}$		°C
1	0	19,44	3,13	319,5	6 211	100	19
2	10	19,44	3,74	267,4	5 198	83,7	29
3	20	19,44	4,24	235,8	4 585	73,8	39
4	30	19,44	4,85	206,2	4 008	64,5	49

Tabulka č. II-1 Hodnoty teoretické soustavy s uzavřeným oběhem sušícího média

## 02.6 Laboratorní trať sušárny s TČ

- měřicí trať sušárny s TČ (obr. č. II-14) je tvořena kompresorovou chladicí jednotkou, skříní kondenzátoru a výparníku s ventilátory, které navazují na komoru vlastní sušárny. Na opačné straně je skříň výparníku a kondenzátoru propojena spojovacím kanálem oběhu sušícího média.



Obr. č. II-14 Měřicí trať laboratorní sušárny s TČ

Na tento kanál navazuje dodatečný chladič odvodu přebytečného tepla. Činnost tratě se řídí pomocí ovládacího panelu a požadované měřené veličiny jsou indikovány resp. registrovány počítačem. Teploty jsou měřeny v následujících charakteristických místech a pomocí modulů ADAM ukládány do počítače:

- $t_1$  - teplota chladiva na sání kompresoru
- $t_2$  - teplota chladiva na výtlaku kompresoru
- $t_3$  - teplota chladiva za kondenzátorem
- $t_4$  - teplota chladiva před škrťacím ventilem
- $t_5$  - teplota chladiva za škrťacím ventilem
- $t_6$  - teplota vzduchu v sušárně před výparníkem, tj. na výstupu ze sušárny
- $t_7$  - teplota vzduchu v sušárně na povrchu výparníku

- $t_8$  - teplota vzduchu v sušárně za výparníkem, tj. ve spojovacím kanálu  
 $t_9$  - teplota vzduchu v sušárně za kondenzátorem, tj. na vstupu do sušárny  
 $t_{10}$  - teplota vzduchu v sušárně před kondenzátorem

Tlaky vypařovací ( $p_{vyp}$ ) a kondenzační ( $p_{kon}$ ) jsou měřeny manoteploměry. Hodnota hmotnostního průtoku chladiva vyhodnocena z dlouhodobých měření průtoku činí  $m_R = 0,079 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . Vlhkost sušícího media je měřena psychometricky. Hmotnost sušeného materiálu se stanoví vážením. Pomocí instalovaných senzorů se v průběhu sušení sleduje vlhkost sušeného materiálu. Vážením se stanoví také hmotnost odpařené hmoty vlhkosti ( $\Delta m_w$ ) sušeného materiálu.

Před začátkem měření se stanoví hmotnost materiálu před sušením ( $m_{MI}$ ), jeho vlhkost ( $u$ ,  $\varphi_M$ ) včetně sušiny sušeného materiálu ( $m_{MS}$ ). Po skončení sušení se stanoví hmotnost usušeného materiálu ( $m_{MII}$ ).

V průběhu sušení se v pravidelných intervalech zaznamenávají požadované veličiny do následující tabulky:

Veličina	Symbol	Jednotka	Interval odečítání hodnot [min]						
			5	10	15	20	25	30	.....
Vlhkost vzduchu na vstupu	$\varphi_{v1}$	%							
Teplota vzduchu na vstupu	$t_{v1}$	°C							
Vlhkost vzduchu na výstupu	$\varphi_{v2}$	%							
Teplota vzduchu na výstupu	$t_{v2}$	°C							
Vlhkost vzduchu za výparníkem	$\varphi_{v3}$	%							
Teplota vzduchu za výparníkem	$t_{v3}$	°C							
Hmotnost zkondenzované vody	$m_w$	kg							

Tab. č. II-3 Naměřené hodnoty

Z naměřených hodnot se výpočtem určí následující veličiny podle tabulky:

Veličina	Symbol	Jednotka	Interval vyhodnocování veličin						
			5	10	15	20	25	30	.....
Tok odpař. vlhkosti	$\Delta m_w$	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$	$\Delta m_w = \frac{m_w}{t}$						
Hmotnost sušeného materiálu	$m_M$	kg	$m_M = m_{MI} - m_w$						
Okamžitá měrná vlhkost	$u$	$\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$u = \frac{(m_M - m_{MS})}{m_{MS}}$						
Měrná spotřeba suš.media	$l_v$	$\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$l_v = \frac{1}{x_{II} - x_I}$						
Měrná spotřeba tepla	$q_v$	$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$	$q_v = l_v \cdot (i_I - i_o)$						
Rychlost sušení	$N$	$\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	grafickou derivací $u = f(\tau)$						

Tab.č. II-4 Hodnoty vypočtených veličin

Veličiny měrné spotřeby sušícího media a tepla se vyhodnotí pomocí  $i$ - $x$  diagramu (obr. č. II-2). Z veličiny okamžité měrné vlhkosti ( $u$ ) sušeného materiálu se vyhodnotí grafická závislost  $u = f(\tau)$ , jejíž derivací (např. grafickou) se vyhodnotí průběh sušení.

### 03. Zadání protokolu

1. Z měření veličin procesu sušení vyhodnoťte určující veličiny procesu.  $l_v$ ,  $q_v$ ,  $\Delta m_w$ ,  $u = f(\tau)$ ,  $N = f(\tau)$ ,  $P_{\text{suš.}}$ .
2. Řešení procesu sušení proveďte pomocí  $i$ - $x$  diagramu a vyhodnoťte zda je proces sušení izoeatpický, nad - či podizoatpický.
3. Vyhodnoťte faktor statické stability ( $\psi$ ) sušárny s TČ.

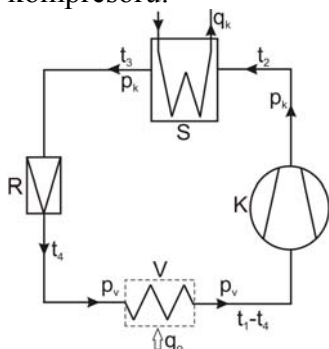
### III. CHLADÍCÍ ZAŘÍZENÍ

#### 01. Zadání cvičení

- proveďte měření tepelných výkonů chladicího kompresoru. Při měření respektujte ČSN 14 06 13. Ze změřených veličin vyhodnoťte hmotnostní chladivost, chladicí výkon, práci adiabatické komprese chladiva, měrný a celkový tepelný výkon kondenzátoru (vzduchového i vodního) včetně chladicího faktoru měřeného chladicího zařízení. Vyhodnocení proveďte analyticky i pomocí diagramu  $i$ - $\log p$ . Chladicí oběh je naplněn chladivem R-413a, které se používá v zemědělství (chlazení mléka ap.), potravinářství (chladicí boxy a pulty, ap.) i odpadovém hospodářství.

#### 02. Metodický výklad

- zadané zařízení na němž má být provedeno měření je kompresorové chladicí zařízení (obr. č. III-1). Kompresor (K) nasává páry chladiva o teplotě  $t_1 = t_4$  a tlaku vypařování ( $p_v$ ). Stlačuje je adiabaticky na kondenzační tlak ( $p_k$ ) při teplotě kondenzace  $t_2$ . Ve srážníku (S) - kondenzátoru se z oběhu odvádí teplo ( $q_k$ ) za stálého tlaku ( $p_k$ ) a stálé teploty ( $t_2$ ) kondenzace. V redukčním ventilu (R) dochází ke škrcení kapaliny chladiva (R-413a) na vypařovací tlak ( $p_v$ ) a to do stavu mokré páry. Ve výparníku (V) se vypařuje chladivo, tj. roste suchost páry ( $x$ ) při stálém vypařovacím tlaku ( $p_o$ ). Před kompresorem je zařazen sací filtr - dehydrátor. Pak kompresor (K) nemůže nasávat mokrou páru, nýbrž nasává sytou páru ( $x = 1,0$ ) event. přehřátou páru (obr. č. VI-2). Rovněž kondenzace probíhá za stálého tlaku ( $p_k$ ) a teploty kondenzace do stavu syté kapaliny event. do stavu podchlazení kapaliny. Podchlazení syté kapaliny a přehřátí syté páry zvyšuje hmotnostní i objemovou chladivost a tedy zmenšuje geometrické rozměry kompresoru.



Obr. č. III-1 Kompresorový chladicí oběh

#### 02.1 Teoretické řešení chladicího oběhu

- teplo přivedené jednotkové hmotnosti chladiva ve výparníku se nazývá hmotnostní chladivost ( $q_o$ ), která ve smyslu označení obr. č. III-2 je dána vztahem:

$$q_o = i_1 - i_4 \quad [ \text{J.kg}^{-1} ] \quad (\text{III-1})$$

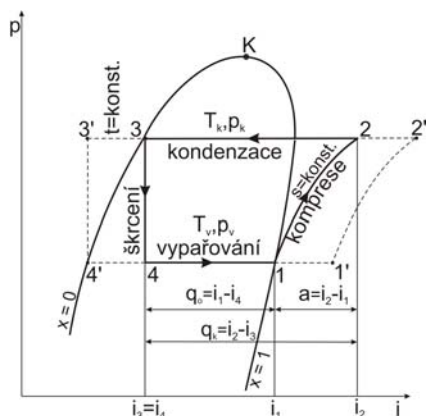
Adiabatická práce komprese chladiva v kompresoru ( $a_{ad}$ ), která přechází jako tepelná energie rovněž do chladiva se stanoví:

$$a_{ad} = i_2 - i_1 \quad [ \text{J.kg}^{-1} ] \quad (\text{III-2})$$

a pak jednotka hmotnosti chladiva před vstupem do kondenzátoru nese tepelnou energii ( $q_k$ ) určenou rovnicí:

$$q_k = q_o + a_{ad} = i_2 - i_3 \quad [ \text{J.kg}^{-1} ] \quad (\text{III-3})$$

Toto teplo ( $q_k$ ) je vzduchovým nebo vodním chladičem odváděno mimo chladičí oběh. Nasává-li kompresor přehřátou páru (1') a v kondenzátoru dochází k ochlazení kapalin chladiva (3') zvětšuje se hmotnostní chladivost ( $q_o$ ), což pro stejný chladičí výkon vede k menším geometrickým rozměrům chladičího kompresoru, avšak při větší teplosměnné ploše kondenzátoru. Určující vztahy pro výpočet chladičího zařízení jsou shodné, pouze dosazujeme entalpie stavů označených v obr. č. V-2 pruhem (1', 2', 3', 4').



Obr. č. III-2 Chladičí oběh v i-p diagramu

Nepravá účinnost chladičího zařízení se vyjadřuje tzv. chladičím faktorem, který je určen:

$$\varepsilon_{ch} = \frac{q_o}{a} = \frac{P_{ch}}{P_{ad}} \quad [-] \quad (III-4)$$

Chladičí výkon ( $P_{ch}$ ) je určen hmotnostní ( $q_o$ ) či objemovou ( $q_v$ ) chladivostí a hmotnostním ( $Q_{mf}$ ) či objemovým ( $Q_{vf}$ ) průtokem chladiva:

$$P_{ch} = Q_{mf} \cdot q_o = Q_{vf} \cdot q_v \quad [W] \quad (III-5)$$

Obdobně tepelný výkon kondenzátoru ( $P_k$ ) se určí:

$$P_k = Q_{mf} \cdot q_k = Q_{mf} \cdot (q_o + a) \quad [W] \quad (III-6)$$

a shodně příkon adiabatické komprese chladiva ( $P_{ad}$ ) se stanoví:

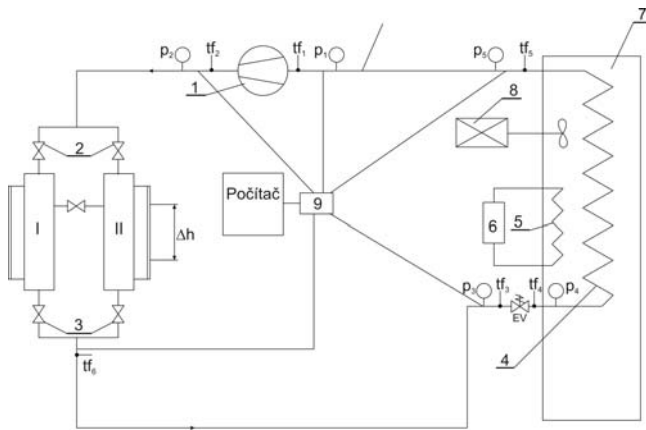
$$P_{ad} = Q_{mf} \cdot a_{ad} \quad [W] \quad (III-7)$$

Těmto tepelným výkonům ( $P_{ch}$ ,  $P_k$ ) musí odpovídat velikost teplosměnných ploch výparníku ( $S_v$ ) a kondenzátoru ( $S_k$ ).

Průtok chladiva ( $Q_{mv}$ ,  $Q_{mf}$ ) a entalpie ( $i$ ) v charakteristických místech chladičího oběhu se stanoví experimentálně na měřící trati. Pro určení entalpií ( $i$ ) je nutné měřit teploty ( $t_i$ ) a tlaky ( $p_i$ ) v těchto charakteristických místech (stavech) chladičího oběhu.

## 02.2 Měřicí trať chladičích oběhů - zařízení

- zkoušení chladičích zařízení a kompresorů vychází z ČSN 14 06 13. Proto byla pro návrh měřicí a zkušební tratě chladičích kompresorů (obr. č. III-3) zvolena jako zkušební metoda "G", používající k měření průtoku chladiva dvou stojatých odměrných nádob (I, II).



Obr. č. III-3 Schéma zapojení zkušební tratě chladicích kompresorů

Při měření chladicího výkonu ( $P_{ch}$ ) kompresoru (1 - obr. č. III-3) metodou “G“ se na zkušební trati měří objemový průtok chladiva ( $Q_{vf}$ ) a hodnoty stavových veličin (teploty -  $t_{fi}$  a tlaky  $p_i$ ) chladiva v charakteristických místech (1 až 4, obr. č. III-2) místech chladicího oběhu. Průtok chladiva se měří dvojicí stojatých, odměrných ocejchovaných, tlakových nádob (I, II - obr. č. III-3), jejichž plnění a vyprazdňování se nastaví čochkovými ventily (2) a (3). Tlak v charakteristických místech oběhu ( $p_1 - p_5$ ) se měří čidly tlaku a kontrolně přesnými tzv. kontrolními manometry (Chirana). Teploty chladiva v těchto místech oběhu ( $t_{f1} - t_{f6}$ ) se měří termočlánky měď - konstantan a jsou ukládány prostřednictvím modulů ADAM (9) do počítače. Pro naměřené teploty ( $t_{fi}$ ) a tlaky ( $p_i$ ) se v p-i diagramu (příloha č. I) stanoví entalpie ( $i_i$ ) v charakteristických místech chladicího oběhu (obr. č. III-2) a podle odstavce 02.1 se vypočtou příslušné tepelné veličiny ( $q_o, a_{ad}, q_k, P_{ck}, P_{ad}, P_k, \varepsilon$ ).

Z určeného průtoku chladiva (R-413a) podle rovnice III-9 se vypočte skutečný chladicí výkon ( $P_{ch}$ ) chladicího kompresoru z rovnice:

$$P_{ch} = Q_{mf} \cdot (i_1 - i_4) \quad [W] \quad (III-11)$$

Zkoušky resp. odečítání požadovaných měřených veličin a parametrů se podle článků 42 až 47 ČSN 14 06 13 provádí nejméně čtyřikrát.

Chladicí výkon ( $P_{ch}$ ) podle vedlejší zkušební metody “G“ se určí obdobně podle rovnice III-12, pouze průtok chladiva ( $Q_{mf}$ ) se stanoví objemovým měřením průtoku ( $Q_{vf}$ ) pomocí odměrných nádob I a II. Průtok  $Q_{mf}$  se pak vypočte následovně:

$$Q_{mf} = Q_{vf} \cdot \frac{1}{v'} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \cdot (h_2 - h_1) \cdot \frac{1}{t_z} \cdot \frac{1}{v'} \quad [kg \cdot s^{-1}] \quad (III-12)$$

kde  $Q_{vf}$  je objemový průtok chladiva [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ],  $v'$  je měrný objem syté kapaliny chladiva [ $m^3 \cdot kg^{-1}$ ] při teplotě ( $t_f$ ) a tlaku ( $p$ ) chladiva v odměrných nádobách (I a II). Ekvivalentní průměr ( $d_e$ ) odměrných nádob chladiva (I, II) se určil podle článku 118 ČSN 14 06 13 a činí 117 mm, přičemž  $h_1$  a  $h_2$  jsou výšky sloupce chladiva ve stavoznaku odměrných nádob (I, II) na začátku a konci doby měření “ $t_z$ “ průtoku chladiva ( $Q_{vf}$ ).

### 03. Zadání protokolu

1. Proved'te nejméně čtyři opakování měření veličin metodu “G“ stanovení chladicího výkonu chladicího kompresoru. Naměřené veličiny stavu v charakteristických místech cyklu znázorníte v p-i diagramu chladiva R-413a (viz příloha).
2. Proved'te výpočet tepelných veličin a výkonů chladicího kompresoru.

## IV. MĚŘENÍ ODPORŮ PROUDĚNÍ TŘENÍM A MÍSTNÍMI VŘAZENÝMI ODPORY

### 01. Zadání cvičení

- z experimentálního měření vyhodnoťte numerické hodnoty místních vřazených odporů proudění. Měření proveďte pro různé druhy místních odporů (ventil, šoupátko, kohout, koleno) a to alespoň pro tři rychlosti proudění. U uzavíracích místních odporů proveďte uvedená měření pro čtvrtinové, poloviční a plné otevření průtočného průřezu. Experimentální měření místních odporů proveďte na měřicí zkušební trati.

### 02. Metodický výklad

- měření a výpočet ztrátových součinitelů je dáno ČSN 13 00 40.

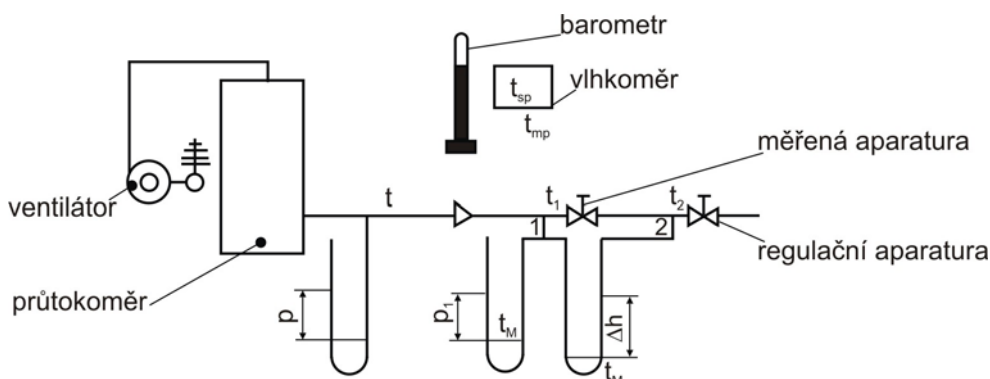
#### 02.1 Teoretické řešení

- podle uvedené normy se ztrátový součinitel místního odporu ( $\xi_{\Sigma}$ ) vypočítá z naměřených hodnot z rovnice:

$$\xi_{\Sigma} = \frac{2 \cdot \Delta h \cdot g \cdot (\rho_m - \rho) + \rho(w_1^2 - w_2^2)}{\rho \cdot w_a^2} \quad (\text{IV-1})$$

Takto určený součinitel ( $\xi_{\Sigma}$ ) vyjadřuje celkový odpor proudění tekutiny místním odporem spolu s potrubím mezi místy odběru tlaku (1, 2 – obr. č. IV-1). Pro výpočet rychlostí proudění ( $w_1, w_2$ ) je nutno brát vnitřní potrubí v místech odběru tlaku (1 a 2). Při výpočtu rychlosti  $w_a$  se bere tlak a teplota tekutiny v místě předního odběru (1). Ve vztahu IV-1 dále značí:

- $\Delta h$  - rozdíl hladin měrné tekutiny v U-trubicí [m]
- $\rho_m$  - měrná hmotnost měrné tekutiny (vody) [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]
- $\rho$  - měrná hmotnost protékající tekutiny [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]



Obr. č. IV-1 Schéma měření vzduchem.

Pro vzduch se měrná hmotnost ( $\rho$ ) určí podle rovnice IV-2, pro změřenou teplotu ( $T$ ) a relativní vlhkost ( $\varphi$ ).

$$\rho = \frac{1}{T} \cdot (0,00348 \cdot p_b - 0,00132 \cdot \varphi \cdot p_p) \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (\text{IV-2})$$

Podle ČSN 13 00 40 čl. 29 lze průtok plynů (vzduchu) měřit plynoměrem. Velikost plynoměru se volí tak, aby se jeho buben otáčel asi 100 otáčkami za hodinu. Tímto měřením se stanoví objemový průtok ( $Q_v$ ) vzduchu měřeným místním odporem.

U stlačitelných tekutin (vzduchu) závisí rychlost proudění ( $w$ ) v místech 1 a 2 (obr. č. IV-1) i na tlaku a teplotě tekutiny v těchto místech. Stanoví se proto z hmotnostního průtoku ( $Q_m$ ) stlačitelné tekutiny.

$$Q_m = Q_v \cdot \rho = S_1 \cdot w_1 \cdot \rho_1 = S_2 \cdot w_2 \cdot \rho_2 \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (\text{IV-3})$$

Odkud:

$$w_1 = \frac{Q_m}{S_1 \cdot \rho_1} = \frac{Q_v \cdot \rho}{S_1 \cdot \rho_1} = \frac{4 \cdot Q_v \cdot \rho}{\pi \cdot d_1^2 \cdot \rho_1} = \frac{4 \cdot (n_2 - n_1) \cdot \rho}{\pi \cdot d_1^2 \cdot \tau \cdot \rho_1} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (\text{IV-4})$$

Měrná hmotnost ( $\rho_1$ ) resp. měrný objem ( $v_1$ ) v místě 1 se určí ze stavové rovnice:

$$p_1 \cdot v_1 = p_1 \cdot \frac{1}{\rho_1} = r \cdot T_1 \Rightarrow v_1 = \frac{1}{\rho_1} = \frac{r \cdot T_1}{p_1} \quad (\text{IV-5})$$

a po dosazení do rovnice IV-4 platí

$$w_1 = \frac{4 \cdot (n_2 - n_1) \cdot \rho \cdot r \cdot T_1}{\pi \cdot d_1^2 \cdot \tau \cdot p_1} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (\text{IV-6})$$

obdobně

$$w_2 = \frac{4 \cdot (n_2 - n_1) \cdot \rho \cdot r \cdot T_2}{\pi \cdot d_2^2 \cdot \tau \cdot p_2} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (\text{III-7})$$

Kde  $n_2$ ,  $n_1$  jsou stavy počítadla průtokoměru na konci a začátku doby ( $\tau$ ) měření průtoku. Absolutní tlaky ( $p_1$ ,  $p_2$ ) se v místech 1 a 2 liší zanedbatelně ( $p_1 = p_2$ ). Pak i absolutní teploty se liší zanedbatelně ( $T_1 = T_2$ ). Za tohoto stavu jsou  $v_1 = v_2$ ,  $\rho_1 = \rho_2$ . Jsou-li ještě i průměry  $d_1$  a  $d_2$  shodné ( $d_1 = d_2 = d$ ) lze rychlosti  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_a$  určit z objemového průtoku ( $Q_v$ ) podle rovnice:

$$w = w_1 = w_2 = w_a = \frac{4 \cdot (n_2 - n_1)}{\pi \cdot d^2 \cdot \tau} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (\text{IV-8})$$

Součinitel vlastního místního odporu ( $\xi_m$ ) se vypočte z celkového ztrátového součinitele ( $\xi_\Sigma$ ) a to odečtením součinitele ztráty třením ( $\xi_t$ ) ve stejné délce přímého potrubí před ( $l_1$ ) a za ( $l_2$ ) měřeným místním odporem po místa odběru tlaku 1 a 2. Hodnota součinitele odporu třením ( $\xi_t$ ) se vypočte:

$$\xi_t = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \left( \frac{d_a}{d} \right)^4 \quad \text{kde } \ell = l_1 + l_2 \quad [-] \quad (\text{IV-9})$$

resp.

$$\xi_t = \lambda_1 \cdot \frac{\ell_1}{d_1} \cdot \left( \frac{d_a}{d_1} \right)^4 + \lambda_2 \cdot \frac{\ell_2}{d_2} \cdot \left( \frac{d_a}{d_2} \right)^4 \quad [-] \quad (\text{IV-10})$$

Tlakový odpor třením ( $\Delta p_t$ ) přímých úseků  $l_1$  a  $l_2$  se určí z rovnice:

$$\Delta p_t = \lambda_1 \cdot \frac{\ell_1}{d_1} \cdot \left( \frac{\rho \cdot w_1^2}{2} \right) + \lambda_2 \cdot \frac{\ell_2}{d_2} \cdot \left( \frac{\rho \cdot w_2^2}{2} \right) \quad [\text{Pa}] \quad (\text{IV-11})$$

Jsou-li úseky  $l_1$  a  $l_2$  vyrobeny ze stejného materiálu se stejnou drsností vnitřního povrchu potrubí je  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$ . Současně mají většinou oba úseky potrubí shodný průměr, tj.  $d_1 = d_2 = d$ . Pak při  $\rho = \text{konst.}$  je i rychlost  $w_1 = w_2 = w$  a předešlá rovnice přejde ve tvar:



$$\Delta p_t = \lambda \cdot (\ell_1 - \ell_2) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2 \cdot d} = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \left( \frac{\rho \cdot w^2}{2} \right) \quad [\text{Pa}] \quad (\text{IV-12})$$

v případě, že  $\lambda_1 \neq \lambda_2$  platí:

$$\Delta p_t = (\lambda_1 + \lambda_2) \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = \lambda_{\text{ek}} \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad [\text{Pa}] \quad (\text{IV-13})$$

$$\text{Současne platí: } \Delta p_t = \rho_m \cdot g \cdot \Delta h_t \quad [\text{Pa}] \quad (\text{IV-14})$$

Z porovnání pravých stran těchto rovnic, lze separovat součinitel odporu třením ( $\lambda$ ) event. ( $\lambda_{\text{ek}}$ ):

$$\lambda = \frac{d}{\ell} \cdot \frac{\rho_m}{\rho} \cdot \frac{2 \cdot g \cdot \Delta h_t}{w^2} = \lambda_{\text{ek}} = (\lambda_1 + \lambda_2) \quad [-] \quad (\text{IV-15})$$

Ze srovnání rovnic (IV-9) a (IV-12, 13), plyne, že:

$$\xi_t = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \quad [-] \quad (\text{IV-16})$$

a pak již lze určit - vypočítat součinitel odporu vlastního místního odporu ( $\xi_m$ ) z rovnice:

$$\xi_m = \xi_\Sigma - \xi_t \quad [-] \quad (\text{IV-17})$$

Měření místních vřazených odporů ( $\xi_m$ ) i odporů třením ( $\xi_t$ ) se provádí při různém průtoku ( $Q_m$ ) a tedy i při různé rychlosti proudění ( $w$ ). Z těchto odporů třením lze vyhodnotit hodnoty součinitele odporu třením ( $\lambda$ ) při různých rychlostech proudění ( $w$ ) a jeho závislost na Reynoldsově čísle ( $Re$ ). Hodnoty " $\lambda_i$ " se vypočtou z rovnice IV-15 pro různé hodnoty rychlosti proudění ( $w_i$ ).

Pro takto vypočtené hodnoty  $\lambda_i$  se vypočítají hodnoty Reynoldsova čísla ( $Re$ ) ze vztahu:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad [-] \quad (\text{IV-18})$$

kde

$\nu$  - kinematická viskozita tekutiny [ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

- se pro danou tekutinu a její teplotu zjistí v tabulkách nebo se pro tuto teplotu vypočte

Pro vyhodnocení závislosti  $\lambda = f(Re)$  se teoretické hodnoty  $\lambda$  při laminárním proudění ( $Re < 2400$ ) stanoví ze vztahu:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad [-] \quad (\text{IV-19})$$

a pro turbulentní proudění ( $2400 < Re < 80000$ ) ze vztahu:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \quad [-] \quad (\text{IV-20})$$

Hodnoty  $\lambda$  vyhodnocené z experimentů i z teoretických výpočtů se vyhodnotí v grafu  $\log \lambda = f(\log Re)$  pro posouzení věrohodnosti resp. těsnosti shody. Proto je nutno provést měření odporů proudění třením ( $\lambda_i$ ) alespoň při deseti rychlostech proudění ( $w_i$ ).

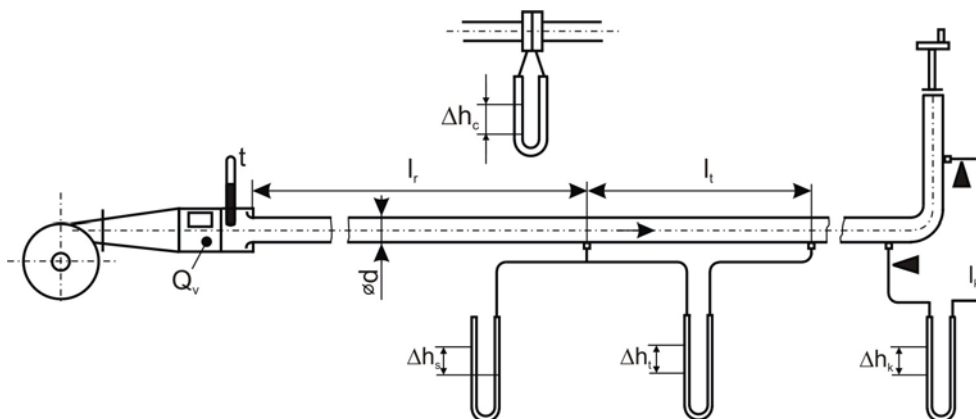
## 02.2 Měřicí trať

- základní měřicí trať znázorňuje obr. č. IV-2. Sestává z ventilátoru, objemového průtokoměru ( $Q_v$ ), za nímž je měřena teplota ( $t$ ) protékajícího vzduchu. Na přímém úseku ( $l_i$ ) lze měřit tlakovou ztrátu třením ( $\Delta p_t \sim \Delta h_t$ ), celkovou tlakovou ztrátu úseku tratě s kolenem ( $l_k$ ) ( $\Delta p_k \sim \Delta h_k$ ), rozdíl statického tlaku ( $\Delta p_s \sim \Delta h_s$ ) vůči tlaku okolní atmosféry ( $\Delta p_b \sim \Delta h_b$ ), teplotu okolí ( $t_b$ ) a teplota ( $t$ ) vzduchu v potrubí. Do přímého úseku ( $l_i$ ) se pak zařazují jednotlivé měřené místní odpory pro něž pak měříme  $\Delta h$  pro výpočet podle rovnice IV-1 až 11. Pro každé měření provádíme 3 ÷ 5 opakování a zaznamenáváme do tabulky:

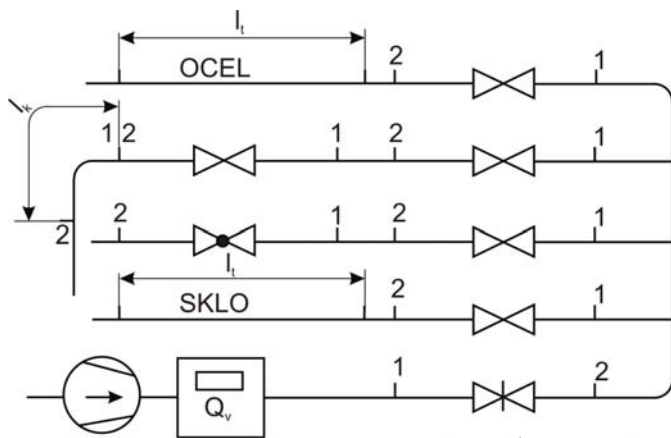
Druh místního odporu	Stav počítadla průtokoměru		Doba měření	Teplota	Rozdíly výšek měrné tekutiny v U - trubicích			
	$n_1$	$n_2$			$\Delta h_t$	$\Delta h_k$	$\Delta h_s$	$\Delta h$
	[-]	[-]	[s]	[°C]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Ventil (1/4)								
Ventil (1/2)								
Ventil (1)								
Šoupátko								
.								
.								
.								

Tab.č. IV-1 Naměřené hodnoty.

Aby nebylo nutno v průběhu měření opakovaně do měřícího úseku (obr. č. IV-2) jednotlivé měřené místní odpory zařazovat je měřicí trať větvená (obr. č. IV-3) a v jednotlivých větvích jsou různé místní odpory (ventil, šoupátko, kohout).



Obr. č. IV-2 Základní měřicí trať.



Obr. č. IV-3 Větvená měřicí trať (  - ventil,  - kohout,  - šoupátko).

### 03. Zadání protokolu

1. Proved'te měření a vyhodnocení tlakové ztráty třením ( $\Delta p_t$ ) přímého úseku ocelového a skleněného potrubí včetně součinitele ztráty třením  $\xi_t$  resp. součinitele odporu tření  $\lambda$ .
2. Zjistěte závislost součinitele odporu třením ( $\lambda$ ) na Reynoldsově čísle ( $Re$ ) experimentálním a teoretickým alespoň z deseti měření při různém průtoku resp. rychlosti proudění ( $w$ ).
3. Proved'te měření a vyhodnocení součinitele místního odporu ( $\xi_m$ ) pro ventil, šoupátko a kohout při různých rychlostech proudění ( $w$ ). Z těchto měření vyhodnoťte závislost  $\xi_m = f(Re)$ .
4. Měření a vyhodnocení podle bodu 3 proved'te při čtvrtinovém, polovičním a plném otevření průtočného průřezu.

## V. MĚŘENÍ CHARAKTERISTIKY Odstředivého čerpadla

### 01. Zadání cvičení

- proveďte experimentální měření charakteristiky odstředivého čerpadla typu 20-SVA-III a to při trojích otáčkách oběžného kola. Na základě provedených měření graficky vyhodnoťte dopravní charakteristiku, tj. závislost  $Q_v = f(H)$ , charakteristiku teoretického a skutečného příkonu čerpadla, tj.  $P = f(Q_v, H, \rho)$  a z nich určené charakteristiky účinnosti čerpadla, tj.  $\eta = f(Q_v, H)$ .

Štítkové údaje čerpadla:

Druh: Samonasávací, odstředivé, třístupňové čerpadlo

Typ: 20-SVA-III-LM-90

Průtok:  $30 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$

Dopravní výška: 29 m

Otáčky oběžného kola:  $1450 \text{ min}^{-1}$  (při převodu 1:1)

Napětí: 230/380 V

Příkon: 0,47 kW

### 02. Metodický výklad

- východiskem řešení zadaného úkolu jsou energetická a Eulerova rovnice odstředivého čerpadla.

#### 02.1 Teoretické řešení

- energetická rovnice vyjadřuje dopravní výšku čerpadla. Rovnice teoretické dopravní výšky ( $H_{ct}$ ) odstředivého čerpadla je odvozena ve skriptu pro přednášky a má tvar:

$$H_{ct} = \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left[ (c_2^2 - c_1^2) + (v_1^2 - v_2^2) + (u_2^2 - u_1^2) \right] \quad [\text{m}] \quad (\text{V-1})$$

Skutečná dopravní výška ( $H_c$ ) je menší o odpory proudění tekutiny čerpadlem ( $h_{z\check{c}}$ ):

$$H_c = H_{ct} - h_{z\check{c}} = \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left[ (c_2^2 - c_1^2) + (v_1^2 - v_2^2) + (u_2^2 - u_1^2) \right] - h_{z\check{c}} \quad [\text{m}] \quad (\text{V-2})$$

Je-li hydraulická účinnost  $\eta_h = \frac{H_c}{H_{ct}}$ , lze dopravní výšku ( $H_c$ ) vyjádřit rovnicí:

$$H_c = \frac{\eta_h}{2 \cdot g} \cdot \left[ (c_2^2 - c_1^2) + (v_1^2 - v_2^2) + (u_2^2 - u_1^2) \right] \quad [\text{m}] \quad (\text{V-3})$$

nebo také:

$$H_c = \frac{\eta_h}{2 \cdot g} \cdot (c_{u2} \cdot u_2 - c_{u1} \cdot u_1) \quad [\text{m}] \quad (\text{V-4})$$

Zanedbají-li se objemové a mechanické ztráty čerpadla, bude potřebný příkon čerpadla ( $P_\check{c}$ ) při objemovém průtoku ( $Q_v$ ), tekutiny měrné hmotnosti ( $\rho$ ) dán rovnicí:

$$P_\check{c} = \rho \cdot g \cdot Q_v \cdot H_c \cdot \frac{1}{\eta_h} = \rho \cdot Q_v \cdot (c_{u2} \cdot u_2 - c_{u1} \cdot u_1) \quad [\text{W}] \quad (\text{V-5})$$

pak Eulerovu rovnici odstředivého čerpadla vyjadřuje rovnice:

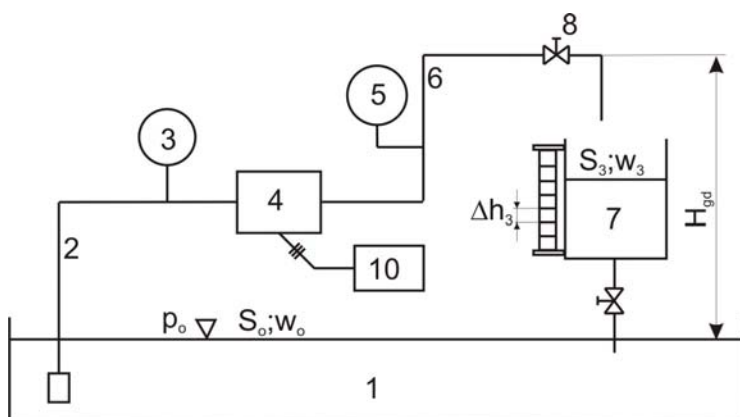
$$M = \frac{P_{\xi}}{\omega} = \rho \cdot Q_v \cdot \left( c_{u2} \cdot \frac{u_2}{\omega} - c_{u1} \cdot \frac{u_1}{\omega} \right) = \rho \cdot Q_v \cdot (c_{u2} \cdot r_2 - c_{u1} \cdot r_1) \quad [\text{N.m}] \quad (\text{V-6})$$

Význam použitých symbolů zde použitých se shoduje se skriptem pro přednášky. Skutečná dopravní výška ( $H_c$ ), kterou je čerpadlo schopno vyvodit musí překonat geodetickou dopravní výšku ( $H_{gd}$ ) rozdíl tlakových výšek, rozdíl rychlostních výšek hladin tekutin v sací a výtlačné nádrži a odpor proudění v sacím a výtlačném řádu ( $h_{zp}$ ):

$$H_c = H_1 = H_{gd} + \frac{p_{vp} + p_o}{\rho \cdot g} + \frac{w_3^2 - w_o^2}{2 \cdot g} + h_{zp} \quad [\text{m}] \quad (\text{V-7})$$

## 02.2 Měřicí trať

- měřicí trať (obr. č. V-1) sestává z nádrže (1) tekutiny - vody, kterou sacím řádem (2) nasává čerpadlo (4) a dopravuje ji výtlačným řádem (6) do odměrné nádoby průtoku (7). Odměrná nádoba (7) je vybavena stavoznakem a výpustným potrubím s ventilem (9), kterým se voda vypouští zpět do nádrže (1). V sacím řádu (2) je zařazen manometr (5), který měří tlak, který musí čerpadlo překonávat. Různé tlakové výšky se v měřicí trati modelují - nastavují ventilem (8) ve výtlačném řádu. Celkový příkon čerpadla ( $P_c$ ) je měřen digitálním měřičem výkonu (10). Otáčky oběžného kola čerpadla ( $n$ ) se mění změnou převodového poměru páru třístupňových řemenic.



Obr. č. V-1 Měřicí trať měření charakteristiky čerpadla.

## 02.3 Vyhodnocení měření

- kdyby byl průtok ( $Q_v$ ) tekutiny měřen kontinuálním průtokoměrem, byla by nádrž ze které čerpadlo nasává i nádrž do které dopravuje společná (1). Za takového stavu by byla rychlost hladiny v této nádrži nulová ( $w_o = 0$ ). Zařazená odměrná nádoba (7) tento stav mění a to právě v době měření průtoku. Rychlost " $w_o$ " se určí z rovnice:

$$w_o = \frac{Q_v}{S_o} = \frac{\Delta h_o}{t} = \frac{\Delta h_3}{t} \cdot \frac{S_3}{S_o} \quad [\text{m.s}^{-1}] \quad (\text{V-8})$$

obdobně " $w_3$ " se určí z rovnice:

$$w_3 = \frac{Q_v}{S_3} = \frac{\Delta h_3}{t} \quad [\text{m.s}^{-1}] \quad (\text{V-9})$$

kde značí :

$S_o, S_3$  - plochy hladin v sací a výtlačné nádrži [ $\text{m}^2$ ]

$\Delta h_o, \Delta h_3$  - rozdíl výšek hladin v sací (1) a odměrné (7) nádrži za dobu měření průtoku ( $t$ ) [m]

$t$  - doba měření průtoku ( $Q_v$ ) [s]

Rychlost vertikálního pohybu hladiny ( $w_3$ ) v odměrné nádrži (7) nevyvozuje čerpadlo, protože voda do ní natéká gravitačně, vlivem své potenciální energie.

Za tohoto stavu se s rychlostí výškou vertikálního pohybu hladiny ( $w_3$ ) v odměrné nádobě (7) v rovnici V-7 nepočítá. Pro velmi krátké sací a výtlačné potrubí měřicí tratě, lze odpory proudění těchto potrubí zanedbat ( $h_{zp} = 0$ ). Dále je nutno - rovnici V-7 počítat s absolutními tlaky. Tedy absolutní tlak na výstupu čerpadla  $p_{va} = p_v = p_{vp} + p_b$ . Údaj tlakoměru (5) je přetlak tekutiny ( $p_{vp}$ ) za čerpadlem a " $p_b$ " je tlak barometrický, který současně působí na hladinu v nádrži (1) tj.  $p_o = p_b$ . Pak rovnice V-7 přejde na tvar :

$$H_1 = H_{gd} + \frac{p_{vp} + p_b - p_b}{\rho \cdot g} + \frac{0 - w_o^2}{2 \cdot g} = H_{gd} + \frac{p_{vp}}{\rho \cdot g} + \frac{w_o^2}{2 \cdot g} \quad [m] \quad (V-10)$$

Teoretický příkon čerpadla ( $P_t$ ) při změřeném průtoku ( $Q_v$ ) se vypočte z rovnice :

$$P_t = \rho \cdot g \cdot H_1 \cdot Q_v = \rho \cdot g \cdot H_1 \cdot \frac{\Delta h_3 \cdot S_3}{t} \quad [W] \quad (V-11)$$

Skutečný celkový příkon čerpadla ( $P_c$ ) se vyhodnotí z měření digitálním měřičem výkonu.

Celková účinnost čerpadla ( $\eta_c$ ) je pak určena rovnicí:

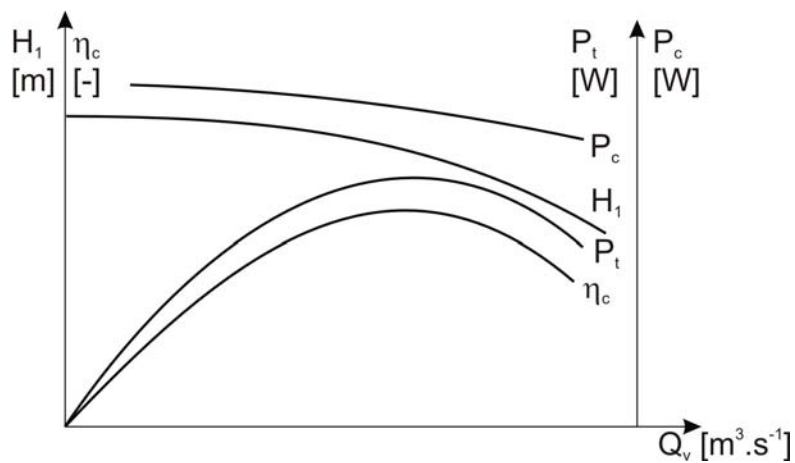
$$\eta_c = \frac{P_t}{P_c} \quad [-] \quad (V-12)$$

Naměřené a vypočtené veličiny pro různé nastavení ventilu "8" se zaznamenají do tabulky V-1. Měření se začíná při uzavřeném ventilu "8", který se v dalších opakováních vždy částečně pootevře až do úplného otevření. Toto se provede pro každá otáčky oběžného kola, které se mění změnou převodu pomocí páru třístupňových řemenic mezi čerpadlem a hnacím motorem.

		$\Delta h_3$	t	$p_{vp}$	$Q_v$	$w_0$	$H_1$	$P_t$	$P_c$	$\eta_c$
		[m]	[s]	[Pa]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	[m.s <sup>-1</sup> ]	[m]	[W]	[W]	[-]
Otevření ventilu "8"	Zavřen	0	-							
	80%									
	60%									
	40%									
	20%									
	Otevřen									

Tab.5. V-1 Naměřené a vypočtené veličiny odstředivého čerpadla při otáčkách oběžného kola  $n_1$ , ( $n_2$ ,  $n_3$ )

Naměřené a vypočtené veličiny čerpadla se sestaví do charakteristiky čerpadla schématicky naznačené na obr. č. V-2.



Obr. č. V -2 Schéma charakteristiky čerpadla.

### 03. Zadání protokolu

1. Proved'te měření charakteristiky odstředivého čerpadla při otáčkách oběžného kola  $n_1$ ,  $n_2$  a  $n_3$ .
2. Proved'te výpočet veličin pro vyjádření závislosti  $H_1 = f(Q_v)$ ;  $P_t = f(H_1, Q_v)$ ;  $P_c = f(H_1, Q_v)$ ,  $\eta_c = f(H_1, Q_v)$  a to při otáčkách  $n_1$ ,  $n_2$  a  $n_3$ .
3. Závislosti podle bodu 2 zpracujte graficky do tzv. dopravní charakteristiky čerpadla.
4. Vyhodnocenou charakteristiku čerpadla porovnejte s charakteristikou dodávanou pro toto čerpadlo výrobcem.

## VI. SEZNAM LITERATURY

1. Kalčík, J., Sýkora, K.: Technická termomechanika. Academia, Praha, 1973
2. Čermák, J. a kol.: Ventilátory. SNTL, Praha, 1974
3. Kreidl, M.: Technická měření. ČVUT Praha, 1973
4. Sazima, M.: Sdílení tepla. ČVUT, Praha, 1973
5. Sazima, F.: Sběrka příkladů z termomechaniky. SNTL, Praha, 1969
6. Jenčík, J.: Tepelně technická měření. ČVUT, Praha, 1977
7. Prachař, J.: Teplototechnika a hydromechanika. SPN, Praha, 1967
8. Boublík, T. a kol.: Statistická termodynamika kapalin a kapalných směsí. Academia, Praha, 1974
9. Novák, J. a kol.: Plyny a plynné směsi. Academia, Praha, 1972
10. Šesták, J.: Měření termofyzikálních vlastností pevných látek. Academia, Praha, 1982
11. Váňa, J.: Analyzátory plynů a kapalin. SNTL, Praha, 1984
12. Kožešník, J.: Teorie podobnosti a modelování. Academia, Praha, 1983
13. Elsner, N.: Grundlagen der Technischen Thermodynamik. Akademie-Verlag, Berlin, 1980
14. Kirillin, V. A.: Techničeskaja termodinamika. Energoatomizdat, Moskva, 1983
15. Kaňour, Z.: Molekulární teorie proudění plynů. Academia, Praha, 1983
16. Groda, B.: Hydrotechnika a vzduchotechnika. ES VŠZ Brno, 1989
17. Jones, M. N.: Biochemičeskaja termodinamika. Amsterdam, Oxford, New lork, Moskva, Mir, 1982
18. Marquarrdi, G. a kol.: Wärmerückgewinnung aus Fortluft. VEB Verlag, Technik, Berlin, 1984
19. Kraft, G.: Lehrbuch der Heizungs-Lüftungs und Klimatechnik. VEB Verlag Technik, Berlin, 1968
20. Fexa, J. a kol.: Měření vlhkosti. SNTL, Praha, 1983
21. Šindelář, V. a kol.: Metrologie a zavedení soustavy jednotek SI. SNTL-VÚNM, Praha, 1975
22. Kaminský, J.: Využití pracovního prostoru pístových kompresorů. SNTL, Praha, 1982
23. Dvořák, I. a kol.: Biotermodynamika, Academia, Praha, 1982
24. Krutov, V. I.: Techničeskaja termodinamika. Vyššaja škola, Moskva, 1981
25. Chlumský, V. a kol.: Kompresory. SNTL, Praha, 1977
26. Řezníček, R.: Vizualizace proudění. Academia, Praha, 1972
27. Gutkovski, K.: Chladicí technika. SNTL, Praha, 1982
28. Enenkl, V. a kol.: Termomechanika. SNTL, Praha, 1974
29. Chlumský, V.: Technika chlazení. SNTL, Praha, 1971
30. Cihelka, J. a kol.: Větrání a vytápění. SNTL, Praha, 1969
31. Steidl, A. a kol.: Úvod do proudění tekutin a sdílení tepla. Academia, Praha, 1975
32. Chlumský, V., Šiška, A.: Kompresory. SNTL/ALFA, Praha, 1977
33. Groda, B.: Hydrotechnika a vzduchotechnika – návody do cvičení. ES VŠZ Brno, 1990
34. Groda, B., Hájek, P.: Mechanika tekutin – sbírka příkladů, ES MZLU Brno, 1999

### Tabulky a diagramy:

1. Ražnjevič, K.: Termodynamické tabulky, ALFA, Bratislava, 1984
2. Jůza, J.: i-s diagram vodní páry. SNTL, Praha, 1976
3. Elsner, N. a kol.: Termophysika von Wasser. VEB Deutscher Verlag Für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1982



Normy :

ČSN 01 01 80 Mezinárodní desetinné třídění

ČSN 01 13 00 Zákonné měrové jednotky

ČSN 01 13 01 Veličiny a jednotky ve vědě a technické praxi

ČSN 01 13 02 Veličiny a jednotky v mechanice tuhých a poddajných těles

ČSN 10 50 45 Turbokompresory

ČSN 12 00 00 Vzduchotechnická zařízení

ČSN 12 60 00 Základní pojmy techniky sušení

ČSN 14 01 10 Názvosloví chladicí techniky

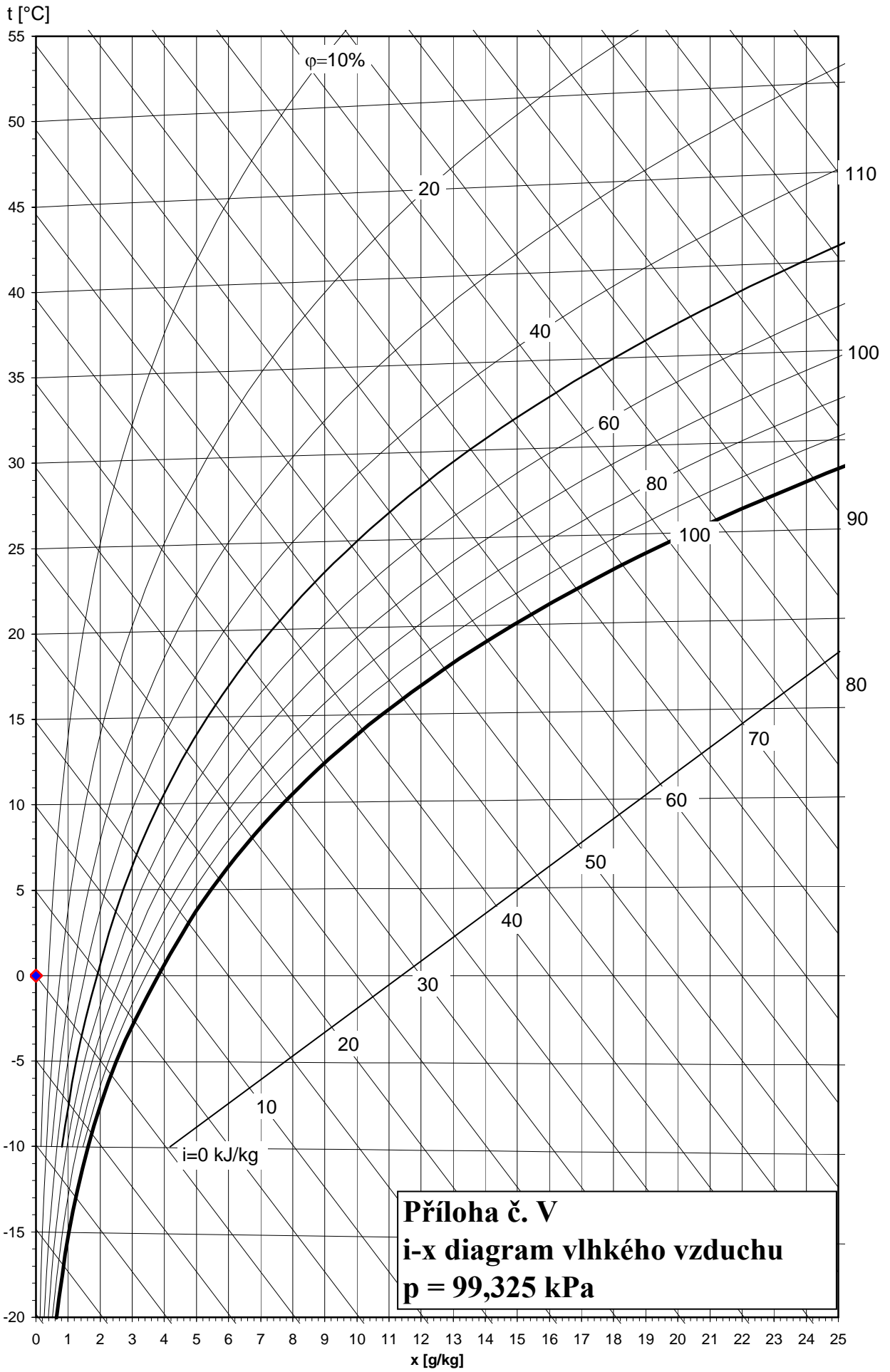
ČSN 14 06 13 Předpisy pro zkoušení chladících kompresorů

ČSN 14 06 46 Předpisy pro chladicí zařízení

ČSN 12 56 00 Výměníky tepla

## VII. PŘÍLOHY

1. i-x diagram vlhkého vzduhu
2. Termodynamické vlastnosti chladiva R413a
3. p-i diagram chladiva R413a



# Thermodynamic Properties of DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Refrigerant (R-218/R-134a/R-600a – 9/88/3% by weight)

## SI Units

Tables of the thermodynamic properties of ISCEON® MO49 (R-417A) have been developed and are presented here. This information is based on values calculated using a DuPont thermodynamic property program.

### Units

P = Pressure in kPa. Absolute

T = Temperature in Celsius

V<sub>f</sub> = Fluid (liquid) specific volume in cubic meters per kilogram

V<sub>g</sub> = Vapour (gas) specific volume in cubic meters per kilogram

d<sub>f</sub> = Density of saturated vapour in kilograms per cubic meter

d<sub>g</sub> = Density of saturated liquid in kilograms per cubic meter

h = Enthalpy (kJ/kg)

s = Entropy (kJ/kg·K)

Reference points for Enthalpy and Entropy:

h<sub>f</sub> = 200 kJ/kg at 0°C

s<sub>f</sub> = 1 kJ/kg·K at 0°C

### Physical Properties

Chemical Formula	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub> /CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub> /(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CH (9/88/3% by weight)
Molecular mass	103.95
Boiling Point At one atmosphere	-33.40°C
Critical Temperature	98.48°C
Critical Pressure	4174 kPa
Critical Density	503.25 kg/m <sup>3</sup>
Critical Volume	0.0020 m <sup>3</sup> /kg

**Table 1**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Saturation Properties—Temperature Table**

TEMP. °C	PRESSURE (kPa)		VOLUME (m <sup>3</sup> /kg)		DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )		ENTHALPY (kJ/kg)			ENTROPY (kJ/K·kg)		TEMP. °C
	LIQUID	VAPOUR	LIQUID v <sub>l</sub>	VAPOUR v <sub>g</sub>	LIQUID d <sub>l</sub>	VAPOUR d <sub>g</sub>	LIQUID h <sub>l</sub>	LATENT h <sub>lg</sub>	VAPOUR h <sub>g</sub>	LIQUID s <sub>l</sub>	VAPOUR s <sub>g</sub>	
-100	1.7	0.6	0.0007	22.2430	1534.2	0.0450	75.8	248.1	323.8	0.4378	1.8890	-100
-99	1.9	0.7	0.0007	20.1130	1531.6	0.0497	76.9	247.5	324.4	0.4445	1.8839	-99
-98	2.0	0.8	0.0007	18.2130	1529.0	0.0549	78.1	246.9	325.0	0.4512	1.8790	-98
-97	2.2	0.9	0.0007	16.5160	1526.3	0.0605	79.3	246.4	325.6	0.4579	1.8741	-97
-96	2.4	0.9	0.0007	14.9970	1523.7	0.0667	80.4	245.8	326.2	0.4645	1.8694	-96
-95	2.6	1.0	0.0007	13.6350	1521.1	0.0733	81.6	245.2	326.8	0.4711	1.8648	-95
-94	2.8	1.2	0.0007	12.4140	1518.4	0.0806	82.8	244.7	327.5	0.4777	1.8602	-94
-93	3.0	1.3	0.0007	11.3170	1515.8	0.0884	84.0	244.1	328.1	0.4842	1.8558	-93
-92	3.3	1.4	0.0007	10.3290	1513.2	0.0968	85.1	243.5	328.7	0.4907	1.8514	-92
-91	3.6	1.5	0.0007	9.4394	1510.5	0.1059	86.3	243.0	329.3	0.4972	1.8472	-91
-90	3.8	1.7	0.0007	8.6368	1507.9	0.1158	87.5	242.4	329.9	0.5037	1.8430	-90
-89	4.1	1.9	0.0007	7.9118	1505.2	0.1264	88.7	241.8	330.5	0.5101	1.8389	-89
-88	4.5	2.0	0.0007	7.2562	1502.6	0.1378	89.8	241.3	331.1	0.5165	1.8349	-88
-87	4.8	2.2	0.0007	6.6626	1499.9	0.1501	91.0	240.7	331.7	0.5228	1.8310	-87
-86	5.2	2.4	0.0007	6.1243	1497.3	0.1633	92.2	240.1	332.4	0.5291	1.8272	-86
-85	5.5	2.7	0.0007	5.6358	1494.6	0.1774	93.4	239.6	333.0	0.5354	1.8235	-85
-84	6.0	2.9	0.0007	5.1919	1491.9	0.1926	94.6	239.0	333.6	0.5417	1.8198	-84
-83	6.4	3.2	0.0007	4.7881	1489.3	0.2089	95.8	238.5	334.2	0.5480	1.8163	-83
-82	6.9	3.4	0.0007	4.4202	1486.6	0.2262	96.9	237.9	334.8	0.5542	1.8128	-82
-81	7.4	3.7	0.0007	4.0848	1483.9	0.2448	98.1	237.3	335.5	0.5604	1.8093	-81
-80	7.9	4.1	0.0007	3.7787	1481.3	0.2646	99.3	236.8	336.1	0.5665	1.8060	-80
-79	8.4	4.4	0.0007	3.4990	1478.6	0.2858	100.5	236.2	336.7	0.5727	1.8027	-79
-78	9.0	4.8	0.0007	3.2431	1475.9	0.3084	101.7	235.7	337.4	0.5788	1.7995	-78
-77	9.6	5.2	0.0007	3.0088	1473.2	0.3324	102.9	235.1	338.0	0.5849	1.7964	-77
-76	10.3	5.6	0.0007	2.7941	1470.5	0.3579	104.1	234.5	338.6	0.5909	1.7934	-76
-75	11.0	6.1	0.0007	2.5971	1467.8	0.3851	105.3	234.0	339.2	0.5970	1.7904	-75
-74	11.7	6.6	0.0007	2.4161	1465.1	0.4139	106.5	233.4	339.9	0.6030	1.7874	-74
-73	12.5	7.1	0.0007	2.2498	1462.4	0.4445	107.7	232.8	340.5	0.6090	1.7846	-73
-72	13.3	7.6	0.0007	2.0967	1459.7	0.4769	108.9	232.3	341.2	0.6150	1.7818	-72
-71	14.2	8.2	0.0007	1.9557	1457.0	0.5113	110.1	231.7	341.8	0.6209	1.7791	-71
-70	15.1	8.8	0.0007	1.8258	1454.3	0.5477	111.3	231.1	342.4	0.6269	1.7764	-70
-69	16.0	9.5	0.0007	1.7058	1451.6	0.5862	112.5	230.6	343.1	0.6328	1.7738	-69
-68	17.0	10.2	0.0007	1.5951	1448.9	0.6269	113.7	230.0	343.7	0.6386	1.7712	-68
-67	18.1	10.9	0.0007	1.4927	1446.1	0.6699	114.9	229.5	344.3	0.6445	1.7687	-67
-66	19.2	11.7	0.0007	1.3980	1443.4	0.7153	116.1	228.9	345.0	0.6503	1.7663	-66
-65	20.3	12.6	0.0007	1.3104	1440.7	0.7632	117.3	228.3	345.6	0.6562	1.7639	-65
-64	21.6	13.5	0.0007	1.2291	1437.9	0.8136	118.5	227.8	346.3	0.6620	1.7616	-64
-63	22.9	14.4	0.0007	1.1537	1435.2	0.8667	119.7	227.2	346.9	0.6677	1.7593	-63
-62	24.2	15.4	0.0007	1.0838	1432.4	0.9227	120.9	226.6	347.6	0.6735	1.7571	-62
-61	25.6	16.5	0.0007	1.0188	1429.7	0.9815	122.2	226.1	348.2	0.6792	1.7550	-61
-60	27.1	17.6	0.0007	0.9584	1426.9	1.0434	123.4	225.5	348.9	0.6849	1.7528	-60
-59	28.6	18.7	0.0007	0.9022	1424.2	1.1084	124.6	224.9	349.5	0.6906	1.7508	-59
-58	30.3	20.0	0.0007	0.8499	1421.4	1.1766	125.8	224.3	350.2	0.6963	1.7488	-58
-57	32.0	21.3	0.0007	0.8012	1418.6	1.2482	127.0	223.8	350.8	0.7020	1.7468	-57
-56	33.7	22.6	0.0007	0.7557	1415.8	1.3233	128.3	223.2	351.4	0.7076	1.7449	-56
-55	35.6	24.1	0.0007	0.7133	1413.1	1.4019	129.5	222.6	352.1	0.7132	1.7430	-55
-54	37.5	25.6	0.0007	0.6737	1410.3	1.4844	130.7	222.0	352.7	0.7188	1.7411	-54
-53	39.6	27.2	0.0007	0.6367	1407.5	1.5707	131.9	221.5	353.4	0.7244	1.7393	-53
-52	41.7	28.9	0.0007	0.6021	1404.7	1.6609	133.2	220.9	354.0	0.7300	1.7376	-52
-51	43.9	30.6	0.0007	0.5697	1401.9	1.7553	134.4	220.3	354.7	0.7356	1.7359	-51
-50	46.2	32.5	0.0007	0.5394	1399.0	1.8540	135.6	219.7	355.3	0.7411	1.7342	-50
-49	48.6	34.4	0.0007	0.5110	1396.2	1.9571	136.9	219.1	356.0	0.7466	1.7326	-49
-48	51.1	36.4	0.0007	0.4843	1393.4	2.0647	138.1	218.5	356.6	0.7521	1.7310	-48
-47	53.7	38.5	0.0007	0.4593	1390.6	2.1771	139.4	217.9	357.3	0.7576	1.7295	-47
-46	56.4	40.7	0.0007	0.4359	1387.7	2.2942	140.6	217.3	357.9	0.7631	1.7280	-46
-45	59.3	43.1	0.0007	0.4138	1384.9	2.4164	141.8	216.8	358.6	0.7685	1.7265	-45
-44	62.2	45.5	0.0007	0.3931	1382.0	2.5437	143.1	216.2	359.2	0.7739	1.7250	-44
-43	65.3	48.0	0.0007	0.3737	1379.2	2.6763	144.3	215.6	359.9	0.7794	1.7236	-43
-42	68.4	50.7	0.0007	0.3553	1376.3	2.8143	145.6	215.0	360.5	0.7848	1.7223	-42
-41	71.8	53.4	0.0007	0.3381	1373.4	2.9580	146.8	214.4	361.2	0.7901	1.7209	-41

**Table 1 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Saturation Properties—Temperature Table**

TEMP. °C	PRESSURE (kPa)		VOLUME (m <sup>3</sup> /kg)		DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )		ENTHALPY (kJ/kg)			ENTROPY (kJ/K·kg)		TEMP. °C
	LIQUID	VAPOUR	LIQUID v <sub>l</sub>	VAPOUR v <sub>g</sub>	LIQUID d <sub>l</sub>	VAPOUR d <sub>g</sub>	LIQUID h <sub>l</sub>	LATENT h <sub>lg</sub>	VAPOUR h <sub>g</sub>	LIQUID s <sub>l</sub>	VAPOUR s <sub>g</sub>	
-40	75.2	56.3	0.0007	0.3218	1370.5	3.1074	148.1	213.8	361.8	0.7955	1.7196	-40
-39	78.7	59.3	0.0007	0.3065	1367.6	3.2628	149.3	213.1	362.5	0.8009	1.7184	-39
-38	82.4	62.4	0.0007	0.2920	1364.7	3.4244	150.6	212.5	363.1	0.8062	1.7171	-38
-37	86.3	65.7	0.0007	0.2784	1361.8	3.5922	151.8	211.9	363.8	0.8115	1.7159	-37
-36	90.3	69.1	0.0007	0.2655	1358.9	3.7664	153.1	211.3	364.4	0.8169	1.7148	-36
-35	94.4	72.6	0.0007	0.2533	1356.0	3.9473	154.4	210.7	365.1	0.8222	1.7136	-35
-34	98.7	76.3	0.0007	0.2418	1353.1	4.1351	155.6	210.1	365.7	0.8274	1.7125	-34
-33	103.1	80.1	0.0007	0.2310	1350.1	4.3298	156.9	209.5	366.3	0.8327	1.7114	-33
-32	107.7	84.1	0.0007	0.2207	1347.2	4.5318	158.2	208.8	367.0	0.8380	1.7104	-32
-31	112.4	88.2	0.0007	0.2109	1344.2	4.7411	159.4	208.2	367.6	0.8432	1.7093	-31
-30	117.4	92.5	0.0007	0.2017	1341.3	4.9581	160.7	207.6	368.3	0.8484	1.7083	-30
-29	122.4	97.0	0.0007	0.1930	1338.3	5.1828	162.0	206.9	368.9	0.8537	1.7074	-29
-28	127.7	101.6	0.0007	0.1847	1335.3	5.4154	163.3	206.3	369.6	0.8589	1.7064	-28
-27	133.1	106.4	0.0008	0.1768	1332.3	5.6563	164.5	205.7	370.2	0.8641	1.7055	-27
-26	138.8	111.4	0.0008	0.1693	1329.3	5.9056	165.8	205.0	370.8	0.8692	1.7046	-26
-25	144.6	116.6	0.0008	0.1623	1326.3	6.1634	167.1	204.4	371.5	0.8744	1.7037	-25
-24	150.6	121.9	0.0008	0.1555	1323.3	6.4301	168.4	203.7	372.1	0.8796	1.7028	-24
-23	156.8	127.4	0.0008	0.1491	1320.3	6.7058	169.7	203.1	372.7	0.8847	1.7020	-23
-22	163.2	133.2	0.0008	0.1430	1317.2	6.9908	171.0	202.4	373.4	0.8898	1.7012	-22
-21	169.8	139.1	0.0008	0.1373	1314.2	7.2853	172.3	201.8	374.0	0.8949	1.7004	-21
-20	176.6	145.2	0.0008	0.1318	1311.1	7.5895	173.6	201.1	374.6	0.9000	1.6997	-20
-19	183.6	151.6	0.0008	0.1265	1308.0	7.9036	174.9	200.4	375.3	0.9051	1.6989	-19
-18	190.9	158.1	0.0008	0.1215	1304.9	8.2279	176.2	199.8	375.9	0.9102	1.6982	-18
-17	198.3	164.9	0.0008	0.1168	1301.8	8.5626	177.5	199.1	376.5	0.9153	1.6975	-17
-16	206.0	171.9	0.0008	0.1123	1298.7	8.9080	178.8	198.4	377.2	0.9204	1.6968	-16
-15	213.9	179.2	0.0008	0.1079	1295.6	9.2643	180.1	197.7	377.8	0.9254	1.6961	-15
-14	222.1	186.6	0.0008	0.1038	1292.5	9.6319	181.4	197.0	378.4	0.9305	1.6955	-14
-13	230.5	194.3	0.0008	0.0999	1289.3	10.0110	182.7	196.3	379.0	0.9355	1.6949	-13
-12	239.2	202.3	0.0008	0.0961	1286.2	10.4010	184.0	195.6	379.6	0.9405	1.6942	-12
-11	248.1	210.5	0.0008	0.0926	1283.0	10.8040	185.3	194.9	380.3	0.9455	1.6936	-11
-10	257.2	219.0	0.0008	0.0891	1279.8	11.2190	186.6	194.2	380.9	0.9505	1.6931	-10
-9	266.7	227.7	0.0008	0.0859	1276.6	11.6460	188.0	193.5	381.5	0.9555	1.6925	-9
-8	276.4	236.7	0.0008	0.0827	1273.4	12.0870	189.3	192.8	382.1	0.9605	1.6920	-8
-7	286.3	245.9	0.0008	0.0797	1270.2	12.5400	190.6	192.1	382.7	0.9655	1.6914	-7
-6	296.6	255.5	0.0008	0.0769	1267.0	13.0070	192.0	191.4	383.3	0.9704	1.6909	-6
-5	307.1	265.3	0.0008	0.0741	1263.7	13.4870	193.3	190.6	383.9	0.9754	1.6904	-5
-4	317.9	275.4	0.0008	0.0715	1260.5	13.9820	194.6	189.9	384.5	0.9803	1.6899	-4
-3	329.0	285.8	0.0008	0.0690	1257.2	14.4900	196.0	189.2	385.1	0.9852	1.6894	-3
-2	340.4	296.5	0.0008	0.0666	1253.9	15.0140	197.3	188.4	385.7	0.9902	1.6890	-2
-1	352.1	307.5	0.0008	0.0643	1250.6	15.5520	198.7	187.7	386.3	0.9951	1.6885	-1
0	364.2	318.8	0.0008	0.0621	1247.2	16.1060	200.0	186.9	386.9	1.0000	1.6881	0
1	376.5	330.4	0.0008	0.0600	1243.9	16.6750	201.4	186.2	387.5	1.0049	1.6877	1
2	389.2	342.4	0.0008	0.0579	1240.5	17.2610	202.7	185.4	388.1	1.0098	1.6873	2
3	402.1	354.7	0.0008	0.0560	1237.2	17.8630	204.1	184.7	388.7	1.0147	1.6869	3
4	415.5	367.3	0.0008	0.0541	1233.8	18.4810	205.4	183.9	389.3	1.0196	1.6865	4
5	429.1	380.2	0.0008	0.0523	1230.4	19.1170	206.8	183.1	389.9	1.0244	1.6861	5
6	443.1	393.5	0.0008	0.0506	1226.9	19.7700	208.2	182.3	390.5	1.0293	1.6857	6
7	457.4	407.2	0.0008	0.0489	1223.5	20.4410	209.5	181.5	391.0	1.0342	1.6854	7
8	472.1	421.2	0.0008	0.0473	1220.0	21.1310	210.9	180.7	391.6	1.0390	1.6850	8
9	487.2	435.6	0.0008	0.0458	1216.5	21.8390	212.3	179.9	392.2	1.0439	1.6847	9
10	502.6	450.3	0.0008	0.0443	1213.0	22.5660	213.7	179.1	392.8	1.0487	1.6843	10
11	518.4	465.4	0.0008	0.0429	1209.5	23.3130	215.0	178.3	393.3	1.0535	1.6840	11
12	534.6	481.0	0.0008	0.0415	1206.0	24.0800	216.4	177.5	393.9	1.0584	1.6837	12
13	551.1	496.8	0.0008	0.0402	1202.4	24.8680	217.8	176.6	394.4	1.0632	1.6834	13
14	568.1	513.1	0.0008	0.0389	1198.8	25.6770	219.2	175.8	395.0	1.0680	1.6831	14
15	585.4	529.8	0.0008	0.0377	1195.2	26.5060	220.6	174.9	395.6	1.0728	1.6828	15
16	603.1	546.9	0.0008	0.0366	1191.6	27.3580	222.0	174.1	396.1	1.0776	1.6825	16
17	621.3	564.4	0.0008	0.0354	1187.9	28.2330	223.4	173.2	396.7	1.0824	1.6822	17
18	639.8	582.3	0.0008	0.0343	1184.2	29.1300	224.8	172.4	397.2	1.0872	1.6819	18
19	658.8	600.7	0.0008	0.0333	1180.5	30.0510	226.2	171.5	397.7	1.0920	1.6816	19

**Table 1 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Saturation Properties—Temperature Table**

TEMP. °C	PRESSURE (kPa)		VOLUME (m <sup>3</sup> /kg)		DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )		ENTHALPY (kJ/kg)			ENTROPY (kJ/K·kg)		TEMP. °C
	LIQUID	VAPOUR	LIQUID v <sub>f</sub>	VAPOUR v <sub>g</sub>	LIQUID d <sub>f</sub>	VAPOUR d <sub>g</sub>	LIQUID h <sub>f</sub>	LATENT h <sub>fg</sub>	VAPOUR h <sub>g</sub>	LIQUID s <sub>f</sub>	VAPOUR s <sub>g</sub>	
20	678.2	619.5	0.0008	0.0323	1176.8	30.9970	227.7	170.6	398.3	1.0968	1.6814	20
21	698.1	638.7	0.0009	0.0313	1173.1	31.9670	229.1	169.7	398.8	1.1016	1.6811	21
22	718.3	658.4	0.0009	0.0303	1169.3	32.9620	230.5	168.8	399.3	1.1064	1.6808	22
23	739.0	678.5	0.0009	0.0294	1165.5	33.9830	231.9	167.9	399.9	1.1111	1.6806	23
24	760.2	699.1	0.0009	0.0285	1161.6	35.0310	233.4	167.0	400.4	1.1159	1.6803	24
25	781.8	720.2	0.0009	0.0277	1157.8	36.1060	234.8	166.1	400.9	1.1207	1.6800	25
26	803.9	741.7	0.0009	0.0269	1153.9	37.2090	236.3	165.1	401.4	1.1254	1.6798	26
27	826.5	763.7	0.0009	0.0261	1150.0	38.3400	237.7	164.2	401.9	1.1302	1.6795	27
28	849.5	786.2	0.0009	0.0253	1146.0	39.5010	239.2	163.3	402.4	1.1350	1.6792	28
29	873.1	809.2	0.0009	0.0246	1142.1	40.6920	240.6	162.3	402.9	1.1397	1.6790	29
30	897.1	832.7	0.0009	0.0239	1138.0	41.9140	242.1	161.3	403.4	1.1445	1.6788	30
31	921.6	856.7	0.0009	0.0232	1134.0	43.1680	243.5	160.3	403.9	1.1492	1.6785	31
32	946.6	881.2	0.0009	0.0225	1129.9	44.4550	245.0	159.4	404.4	1.1540	1.6783	32
33	972.1	906.2	0.0009	0.0218	1125.8	45.7740	246.5	158.4	404.8	1.1588	1.6780	33
34	998.2	931.8	0.0009	0.0212	1121.7	47.1290	248.0	157.3	405.3	1.1635	1.6778	34
35	1024.7	957.9	0.0009	0.0206	1117.5	48.5180	249.5	156.3	405.8	1.1683	1.6775	35
36	1051.8	984.5	0.0009	0.0200	1113.3	49.9440	250.9	155.3	406.2	1.1730	1.6772	36
37	1079.5	1011.7	0.0009	0.0195	1109.0	51.4080	252.4	154.3	406.7	1.1778	1.6770	37
38	1107.6	1039.5	0.0009	0.0189	1104.7	52.9090	253.9	153.2	407.1	1.1825	1.6767	38
39	1136.4	1067.8	0.0009	0.0184	1100.4	54.4510	255.5	152.1	407.6	1.1873	1.6764	39
40	1165.7	1096.7	0.0009	0.0178	1096.0	56.0330	257.0	151.1	408.0	1.1920	1.6761	40
41	1195.5	1126.2	0.0009	0.0173	1091.6	57.6570	258.5	150.0	408.4	1.1968	1.6758	41
42	1226.0	1156.2	0.0009	0.0169	1087.1	59.3250	260.0	148.9	408.9	1.2016	1.6755	42
43	1257.0	1186.9	0.0009	0.0164	1082.6	61.0370	261.6	147.7	409.3	1.2063	1.6752	43
44	1288.6	1218.2	0.0009	0.0159	1078.1	62.7950	263.1	146.6	409.7	1.2111	1.6749	44
45	1320.8	1250.1	0.0009	0.0155	1073.5	64.6010	264.6	145.5	410.1	1.2159	1.6746	45
46	1353.6	1282.6	0.0009	0.0150	1068.8	66.4560	266.2	144.3	410.5	1.2206	1.6743	46
47	1387.0	1315.7	0.0009	0.0146	1064.1	68.3620	267.7	143.1	410.9	1.2254	1.6739	47
48	1421.1	1349.5	0.0009	0.0142	1059.4	70.3200	269.3	141.9	411.2	1.2302	1.6736	48
49	1455.8	1383.9	0.0009	0.0138	1054.5	72.3330	270.9	140.7	411.6	1.2350	1.6732	49
50	1491.1	1419.0	0.0010	0.0134	1049.7	74.4020	272.5	139.5	412.0	1.2398	1.6728	50
51	1527.0	1454.7	0.0010	0.0131	1044.7	76.5290	274.1	138.3	412.3	1.2446	1.6725	51
52	1563.7	1491.1	0.0010	0.0127	1039.8	78.7170	275.7	137.0	412.6	1.2494	1.6721	52
53	1600.9	1528.2	0.0010	0.0124	1034.7	80.9680	277.3	135.7	413.0	1.2542	1.6716	53
54	1638.9	1566.0	0.0010	0.0120	1029.6	83.2830	278.9	134.4	413.3	1.2590	1.6712	54
55	1677.5	1604.5	0.0010	0.0117	1024.4	85.6670	280.5	133.1	413.6	1.2639	1.6707	55
56	1716.8	1643.7	0.0010	0.0113	1019.1	88.1210	282.1	131.8	413.9	1.2687	1.6703	56
57	1756.8	1683.6	0.0010	0.0110	1013.8	90.6490	283.8	130.4	414.2	1.2736	1.6698	57
58	1797.5	1724.2	0.0010	0.0107	1008.4	93.2530	285.4	129.0	414.4	1.2785	1.6692	58
59	1839.0	1765.6	0.0010	0.0104	1002.9	95.9370	287.1	127.6	414.7	1.2833	1.6687	59
60	1881.1	1807.8	0.0010	0.0101	997.3	98.7050	288.7	126.2	414.9	1.2882	1.6681	60
61	1924.0	1850.6	0.0010	0.0098	991.6	101.5600	290.4	124.8	415.2	1.2931	1.6675	61
62	1967.6	1894.3	0.0010	0.0096	985.8	104.5100	292.1	123.3	415.4	1.2981	1.6669	62
63	2012.0	1938.7	0.0010	0.0093	980.0	107.5500	293.8	121.8	415.6	1.3030	1.6663	63
64	2057.2	1984.0	0.0010	0.0090	974.0	110.6900	295.5	120.2	415.8	1.3080	1.6656	64
65	2103.1	2030.0	0.0010	0.0088	967.9	113.9400	297.3	118.7	415.9	1.3129	1.6649	65
66	2149.8	2076.9	0.0010	0.0085	961.7	117.3100	299.0	117.1	416.1	1.3179	1.6641	66
67	2197.3	2124.5	0.0010	0.0083	955.4	120.7900	300.8	115.5	416.2	1.3230	1.6633	67
68	2245.6	2173.1	0.0011	0.0080	949.0	124.3900	302.5	113.8	416.3	1.3280	1.6625	68
69	2294.7	2222.4	0.0011	0.0078	942.4	128.1300	304.3	112.1	416.4	1.3331	1.6616	69
70	2344.7	2272.7	0.0011	0.0076	935.7	132.0100	306.1	110.4	416.5	1.3382	1.6606	70
71	2395.5	2323.8	0.0011	0.0074	928.8	136.0300	307.9	108.6	416.5	1.3433	1.6597	71
72	2447.1	2375.8	0.0011	0.0071	921.8	140.2200	309.8	106.8	416.5	1.3485	1.6586	72
73	2499.6	2428.7	0.0011	0.0069	914.6	144.5800	311.6	104.9	416.5	1.3537	1.6575	73
74	2553.0	2482.6	0.0011	0.0067	907.2	149.1200	313.5	103.0	416.5	1.3589	1.6563	74
75	2607.3	2537.3	0.0011	0.0065	899.6	153.8500	315.4	101.0	416.4	1.3642	1.6551	75
76	2662.5	2593.1	0.0011	0.0063	891.8	158.8000	317.3	99.0	416.3	1.3696	1.6538	76
77	2718.6	2649.8	0.0011	0.0061	883.7	163.9800	319.3	96.9	416.2	1.3750	1.6524	77
78	2775.6	2707.5	0.0011	0.0059	875.4	169.4100	321.3	94.8	416.0	1.3804	1.6509	78
79	2833.6	2766.3	0.0012	0.0057	866.8	175.1100	323.3	92.5	415.8	1.3859	1.6493	79

**Table 1** (continued)  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Saturation Properties—Temperature Table**

TEMP. °C	PRESSURE (kPa)		VOLUME (m <sup>3</sup> /kg)		DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )		ENTHALPY (kJ/kg)			ENTROPY (kJ/K·kg)		TEMP. °C
	LIQUID	VAPOUR	LIQUID v <sub>l</sub>	VAPOUR v <sub>g</sub>	LIQUID d <sub>l</sub>	VAPOUR d <sub>g</sub>	LIQUID h <sub>l</sub>	LATENT h <sub>lg</sub>	VAPOUR h <sub>g</sub>	LIQUID s <sub>l</sub>	VAPOUR s <sub>g</sub>	
80	2892.6	2826.0	0.0012	0.0055	857.9	181.1200	325.3	90.2	415.5	1.3915	1.6476	80
81	2952.5	2886.9	0.0012	0.0053	848.7	187.4600	327.4	87.8	415.2	1.3972	1.6457	81
82	3013.4	2948.8	0.0012	0.0052	839.0	194.1700	329.5	85.3	414.8	1.4029	1.6438	82
83	3075.4	3011.9	0.0012	0.0050	828.9	201.3000	331.6	82.7	414.4	1.4088	1.6416	83
84	3138.4	3076.0	0.0012	0.0048	818.3	208.9000	333.9	80.0	413.9	1.4148	1.6393	84
85	3202.4	3141.4	0.0012	0.0046	807.2	217.0400	336.1	77.1	413.3	1.4209	1.6368	85
86	3267.5	3208.0	0.0013	0.0044	795.4	225.8100	338.5	74.1	412.6	1.4272	1.6340	86
87	3333.6	3275.9	0.0013	0.0042	782.7	235.3200	340.9	70.9	411.8	1.4337	1.6310	87
88	3400.9	3345.1	0.0013	0.0041	769.2	245.7200	343.4	67.5	410.8	1.4404	1.6276	88
89	3469.3	3415.7	0.0013	0.0039	754.4	257.2100	346.0	63.7	409.7	1.4474	1.6237	89
90	3538.9	3487.7	0.0014	0.0037	738.2	270.0800	348.8	59.6	408.4	1.4548	1.6194	90



**Table 2**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Superheated Vapour—Constant Pressure Tables**

**V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg-K    (Saturation Properties in parentheses)**

**ABSOLUTE PRESSURE, kPa**

TEMP. °C	10			20			30			40			TEMP. °C
	(-68.28°C)			(-57.98°C)			(-51.34°C)			(-46.33°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(1.6248)	(343.5)	(1.7719)	(0.8487)	(350.2)	(1.7487)	(0.5805)	(354.5)	(1.7365)	(0.4434)	(357.7)	(1.7284)	
-65	1.6517	345.8	1.7828	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-65
-60	1.6927	349.3	1.7993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-60
-55	1.7336	352.8	1.8156	0.8611	352.3	1.7585	-	-	-	-	-	-	-55
-50	1.7743	356.3	1.8317	0.8819	355.9	1.7748	0.5843	355.4	1.7409	-	-	-	-50
-45	1.8150	359.9	1.8477	0.9026	359.5	1.7910	0.5984	359.1	1.7572	0.4462	358.7	1.7328	-45
-40	1.8556	363.6	1.8635	0.9232	363.2	1.8069	0.6123	362.8	1.7733	0.4569	362.5	1.7491	-40
-35	1.8962	367.3	1.8792	0.9437	366.9	1.8227	0.6262	366.6	1.7892	0.4675	366.2	1.7651	-35
-30	1.9367	371.0	1.8947	0.9643	370.7	1.8384	0.6401	370.4	1.8049	0.4780	370.1	1.7810	-30
-25	1.9771	374.8	1.9102	0.9847	374.5	1.8539	0.6539	374.2	1.8205	0.4885	373.9	1.7966	-25
-20	2.0175	378.6	1.9255	1.0051	378.4	1.8692	0.6676	378.1	1.8360	0.4989	377.8	1.8122	-20
-15	2.0579	382.5	1.9407	1.0255	382.3	1.8845	0.6814	382.0	1.8513	0.5093	381.7	1.8276	-15
-10	2.0982	386.5	1.9558	1.0459	386.2	1.8996	0.6950	386.0	1.8665	0.5196	385.7	1.8428	-10
-5	2.1385	390.4	1.9707	1.0662	390.2	1.9147	0.7087	390.0	1.8816	0.5300	389.7	1.8579	-5
0	2.1788	394.5	1.9856	1.0865	394.2	1.9296	0.7223	394.0	1.8966	0.5403	393.8	1.8730	0
5	2.2191	398.5	2.0004	1.1067	398.3	1.9444	0.7360	398.1	1.9114	0.5506	397.9	1.8879	5
10	2.2594	402.6	2.0150	1.1270	402.4	1.9591	0.7496	402.3	1.9262	0.5608	402.1	1.9026	10
15	2.2996	406.8	2.0296	1.1472	406.6	1.9737	0.7631	406.4	1.9408	0.5711	406.2	1.9173	15
20	2.3398	411.0	2.0441	1.1675	410.8	1.9882	0.7767	410.7	1.9553	0.5813	410.5	1.9319	20
25	2.3800	415.3	2.0585	1.1877	415.1	2.0026	0.7902	414.9	1.9698	0.5915	414.8	1.9464	25
30	2.4202	419.6	2.0728	1.2079	419.4	2.0170	0.8038	419.2	1.9842	0.6017	419.1	1.9608	30
35	2.4604	423.9	2.0870	1.2281	423.8	2.0312	0.8173	423.6	1.9984	0.6119	423.5	1.9750	35
40	2.5005	428.3	2.1012	1.2482	428.2	2.0454	0.8308	428.0	2.0126	0.6221	427.9	1.9892	40
45	2.5407	432.7	2.1152	1.2684	432.6	2.0594	0.8443	432.5	2.0267	0.6322	432.3	2.0034	45
50	2.5808	437.2	2.1292	1.2885	437.1	2.0734	0.8578	437.0	2.0407	0.6424	436.8	2.0174	50
55	2.6210	441.8	2.1431	1.3087	441.6	2.0874	0.8713	441.5	2.0546	0.6525	441.4	2.0313	55
60	2.6611	446.3	2.1569	1.3288	446.2	2.1012	0.8847	446.1	2.0685	0.6627	446.0	2.0452	60
65	2.7012	450.9	2.1707	1.3489	450.8	2.1150	0.8982	450.7	2.0823	0.6728	450.6	2.0590	65
70	2.7414	455.6	2.1843	1.3691	455.5	2.1286	0.9116	455.4	2.0960	0.6829	455.3	2.0727	70
75	2.7815	460.3	2.1979	1.3892	460.2	2.1423	0.9251	460.1	2.1096	0.6930	460.0	2.0864	75
80	2.8216	465.0	2.2115	1.4093	464.9	2.1558	0.9385	464.8	2.1232	0.7032	464.7	2.0999	80
85	2.8617	469.8	2.2249	1.4294	469.7	2.1693	0.9520	469.6	2.1366	0.7133	469.5	2.1134	85

**ABSOLUTE PRESSURE, kPa**

TEMP. °C	50			60			70			80			TEMP. °C
	(-42.24°C)			(-38.77°C)			(-35.74°C)			(-33.04°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.3597)	(360.37)	(1.7226)	(0.3031)	(362.6)	(1.7181)	(0.2623)	(364.6)	(1.7145)	(0.2313)	(366.3)	(1.7115)	
-40	0.3636	362.1	1.7299	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-40
-35	0.3722	365.9	1.7461	0.3086	365.5	1.7304	0.2632	365.2	1.7169	-	-	-	-35
-30	0.3807	369.7	1.7621	0.3158	369.4	1.7465	0.2695	369.1	1.7331	0.2347	368.7	1.7214	-30
-25	0.3892	373.6	1.7779	0.3230	373.3	1.7624	0.2757	373.0	1.7491	0.2402	372.7	1.7375	-25
-20	0.3976	377.5	1.7935	0.3301	377.2	1.7781	0.2819	376.9	1.7649	0.2457	376.7	1.7534	-20
-15	0.4060	381.5	1.8090	0.3372	381.2	1.7936	0.2880	380.9	1.7805	0.2511	380.7	1.7690	-15
-10	0.4144	385.5	1.8243	0.3442	385.2	1.8090	0.2941	385.0	1.7960	0.2565	384.7	1.7846	-10
-5	0.4227	389.5	1.8395	0.3512	389.3	1.8242	0.3001	389.0	1.8112	0.2618	388.8	1.7999	-5
0	0.4310	393.6	1.8545	0.3582	393.4	1.8393	0.3062	393.1	1.8264	0.2671	392.9	1.8151	0
5	0.4393	397.7	1.8695	0.3651	397.5	1.8543	0.3122	397.3	1.8414	0.2724	397.1	1.8302	5
10	0.4476	401.9	1.8843	0.3721	401.7	1.8692	0.3181	401.5	1.8563	0.2777	401.3	1.8451	10
15	0.4558	406.1	1.8990	0.3790	405.9	1.8839	0.3241	405.7	1.8711	0.2829	405.5	1.8599	15
20	0.4640	410.3	1.9136	0.3859	410.1	1.8986	0.3301	409.9	1.8858	0.2882	409.8	1.8747	20
25	0.4723	414.6	1.9281	0.3928	414.4	1.9131	0.3360	414.2	1.9004	0.2934	414.1	1.8892	25
30	0.4805	418.9	1.9425	0.3996	418.8	1.9275	0.3419	418.6	1.9148	0.2986	418.4	1.9037	30
35	0.4887	423.3	1.9568	0.4065	423.1	1.9419	0.3478	423.0	1.9292	0.3038	422.8	1.9181	35
40	0.4968	427.7	1.9711	0.4133	427.6	1.9561	0.3537	427.4	1.9434	0.3090	427.3	1.9324	40
45	0.5050	432.2	1.9852	0.4202	432.0	1.9703	0.3596	431.9	1.9576	0.3141	431.7	1.9466	45
50	0.5132	436.7	1.9992	0.4270	436.5	1.9843	0.3654	436.4	1.9717	0.3193	436.3	1.9607	50
55	0.5213	441.2	2.0132	0.4338	441.1	1.9983	0.3713	441.0	1.9857	0.3244	440.8	1.9747	55
60	0.5294	445.8	2.0271	0.4406	445.7	2.0122	0.3772	445.6	1.9996	0.3296	445.4	1.9887	60
65	0.5376	450.5	2.0409	0.4474	450.3	2.0261	0.3830	450.2	2.0135	0.3347	450.1	2.0025	65
70	0.5457	455.1	2.0546	0.4542	455.0	2.0398	0.3889	454.9	2.0272	0.3398	454.8	2.0163	70
75	0.5538	459.9	2.0683	0.4610	459.7	2.0535	0.3947	459.6	2.0409	0.3450	459.5	2.0300	75
80	0.5619	464.6	2.0819	0.4678	464.5	2.0671	0.4005	464.4	2.0545	0.3501	464.3	2.0436	80
85	0.5700	469.4	2.0954	0.4745	469.3	2.0806	0.4063	469.2	2.0680	0.3552	469.1	2.0571	85
90	0.5781	474.3	2.1088	0.4813	474.2	2.0940	0.4122	474.1	2.0815	0.3603	474.0	2.0706	90
95	0.5862	479.2	2.1222	0.4881	479.1	2.1074	0.4180	479.0	2.0949	0.3654	478.9	2.0840	95
100	0.5943	484.1	2.1355	0.4948	484.0	2.1207	0.4238	483.9	2.1082	0.3705	483.8	2.0973	100
105	0.6024	489.1	2.1487	0.5016	489.0	2.1340	0.4296	488.9	2.1214	0.3756	488.8	2.1106	105
110	0.6105	494.1	2.1619	0.5083	494.0	2.1471	0.4354	493.9	2.1346	0.3806	493.8	2.1238	110

**Table 2 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Superheated Vapour—Constant Pressure Tables**

V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg·K    (Saturation Properties in parentheses)

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	90			100			101.32			110			TEMP. °C
	(-30.59°C)			(-28.35°C)			(-28.06°C)			(-26.28°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.2071)	(367.9)	(1.7089)	(0.1875)	(369.3)	(1.7067)	(0.1852)	(369.5)	(1.7065)	(0.1714)	(370.7)	(1.7048)	
-30	0.2076	368.4	1.7108	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-30
-25	0.2126	372.4	1.7271	0.1905	372.0	1.7177	0.1879	372.0	1.7165	0.1724	371.7	1.7090	-25
-20	0.2175	376.4	1.7431	0.1950	376.1	1.7337	0.1923	376.0	1.7326	0.1765	375.8	1.7252	-20
-15	0.2224	380.4	1.7588	0.1994	380.1	1.7496	0.1967	380.1	1.7484	0.1806	379.8	1.7412	-15
-10	0.2272	384.5	1.7744	0.2038	384.2	1.7652	0.2010	384.2	1.7641	0.1846	383.9	1.7569	-10
-5	0.2320	388.5	1.7898	0.2082	388.3	1.7807	0.2053	388.3	1.7796	0.1886	388.1	1.7724	-5
0	0.2368	392.7	1.8051	0.2125	392.4	1.7960	0.2096	392.4	1.7949	0.1926	392.2	1.7878	0
5	0.2415	396.8	1.8202	0.2168	396.6	1.8112	0.2139	396.6	1.8101	0.1965	396.4	1.8030	5
10	0.2462	401.0	1.8352	0.2210	400.8	1.8262	0.2181	400.8	1.8251	0.2004	400.6	1.8181	10
15	0.2509	405.3	1.8500	0.2253	405.1	1.8411	0.2223	405.1	1.8400	0.2043	404.9	1.8330	15
20	0.2556	409.6	1.8648	0.2295	409.4	1.8559	0.2265	409.4	1.8548	0.2082	409.2	1.8478	20
25	0.2603	413.9	1.8794	0.2338	413.7	1.8706	0.2306	413.7	1.8694	0.2121	413.6	1.8625	25
30	0.2649	418.3	1.8939	0.2380	418.1	1.8851	0.2348	418.1	1.8840	0.2159	417.9	1.8771	30
35	0.2695	422.7	1.9083	0.2422	422.5	1.8995	0.2389	422.5	1.8984	0.2197	422.4	1.8915	35
40	0.2742	427.1	1.9226	0.2463	427.0	1.9139	0.2431	426.9	1.9128	0.2236	426.8	1.9059	40
45	0.2788	431.6	1.9369	0.2505	431.5	1.9281	0.2472	431.4	1.9270	0.2274	431.3	1.9202	45
50	0.2834	436.1	1.9510	0.2547	436.0	1.9423	0.2513	436.0	1.9412	0.2312	435.9	1.9343	50
55	0.2880	440.7	1.9650	0.2588	440.6	1.9563	0.2554	440.6	1.9552	0.2350	440.4	1.9484	55
60	0.2926	445.3	1.9790	0.2630	445.2	1.9703	0.2595	445.2	1.9692	0.2387	445.1	1.9624	60
65	0.2971	450.0	1.9928	0.2671	449.8	1.9842	0.2636	449.8	1.9831	0.2425	449.7	1.9763	65
70	0.3017	454.7	2.0066	0.2712	454.5	1.9980	0.2676	454.5	1.9969	0.2463	454.4	1.9901	70
75	0.3063	459.4	2.0203	0.2753	459.3	2.0117	0.2717	459.3	2.0106	0.2500	459.2	2.0038	75
80	0.3108	464.2	2.0340	0.2795	464.1	2.0253	0.2758	464.1	2.0242	0.2538	464.0	2.0175	80
85	0.3154	469.0	2.0475	0.2836	468.9	2.0389	0.2798	468.9	2.0378	0.2575	468.8	2.0310	85
90	0.3199	473.9	2.0610	0.2877	473.8	2.0524	0.2839	473.7	2.0513	0.2613	473.7	2.0445	90
95	0.3245	478.8	2.0744	0.2918	478.7	2.0658	0.2879	478.7	2.0647	0.2650	478.6	2.0580	95
100	0.3290	483.7	2.0877	0.2959	483.6	2.0791	0.2920	483.6	2.0780	0.2687	483.5	2.0713	100
105	0.3336	488.7	2.1010	0.2999	488.6	2.0924	0.2960	488.6	2.0913	0.2725	488.5	2.0846	105
110	0.3381	493.7	2.1142	0.3040	493.6	2.1056	0.3000	493.6	2.1045	0.2762	493.5	2.0978	110
115	0.3426	498.8	2.1273	0.3081	498.7	2.1187	0.3041	498.7	2.1177	0.2799	498.6	2.1110	115
120	0.3471	503.9	2.1404	0.3122	503.8	2.1318	0.3081	503.8	2.1307	0.2836	503.7	2.1240	120

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	120			130			140			150			TEMP. °C
	(-24.35°C)			(-22.55°C)			(-20.85°C)			(-19.25°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.1578)	(371.9)	(1.7031)	(0.1463)	(373.0)	(1.7016)	(0.1364)	(374.1)	(1.7003)	(0.1278)	(375.1)	(1.6991)	
-20	0.1612	375.4	1.7173	0.1482	375.1	1.7100	0.1370	374.8	1.7031	—	—	—	-20
-15	0.1649	379.5	1.7334	0.1517	379.3	1.7261	0.1403	379.0	1.7193	0.1304	378.7	1.7130	-15
-10	0.1687	383.7	1.7492	0.1552	383.4	1.7420	0.1436	383.1	1.7353	0.1335	382.9	1.7290	-10
-5	0.1724	387.8	1.7648	0.1586	387.6	1.7577	0.1468	387.3	1.7511	0.1366	387.1	1.7448	-5
0	0.1760	392.0	1.7802	0.1620	391.8	1.7732	0.1500	391.5	1.7666	0.1396	391.3	1.7604	0
5	0.1797	396.2	1.7955	0.1654	396.0	1.7885	0.1532	395.8	1.7820	0.1425	395.5	1.7759	5
10	0.1833	400.4	1.8106	0.1687	400.2	1.8036	0.1563	400.0	1.7972	0.1455	399.8	1.7911	10
15	0.1869	404.7	1.8255	0.1721	404.5	1.8186	0.1594	404.3	1.8122	0.1484	404.1	1.8062	15
20	0.1904	409.0	1.8404	0.1754	408.8	1.8335	0.1625	408.7	1.8271	0.1513	408.5	1.8211	20
25	0.1940	413.4	1.8551	0.1787	413.2	1.8483	0.1656	413.0	1.8419	0.1542	412.8	1.8360	25
30	0.1975	417.8	1.8697	0.1820	417.6	1.8629	0.1687	417.4	1.8566	0.1571	417.3	1.8506	30
35	0.2011	422.2	1.8842	0.1853	422.0	1.8774	0.1717	421.9	1.8711	0.1600	421.7	1.8652	35
40	0.2046	426.7	1.8986	0.1885	426.5	1.8918	0.1748	426.4	1.8855	0.1628	426.2	1.8797	40
45	0.2081	431.2	1.9129	0.1918	431.0	1.9061	0.1778	430.9	1.8999	0.1657	430.7	1.8940	45
50	0.2116	435.7	1.9270	0.1950	435.6	1.9203	0.1808	435.4	1.9141	0.1685	435.3	1.9083	50
55	0.2151	440.3	1.9411	0.1982	440.2	1.9344	0.1838	440.0	1.9282	0.1713	439.9	1.9224	55
60	0.2185	444.9	1.9551	0.2015	444.8	1.9485	0.1868	444.7	1.9422	0.1741	444.5	1.9364	60
65	0.2220	449.6	1.9690	0.2047	449.5	1.9624	0.1898	449.4	1.9562	0.1769	449.2	1.9504	65
70	0.2255	454.3	1.9829	0.2079	454.2	1.9762	0.1928	454.1	1.9700	0.1797	454.0	1.9643	70
75	0.2289	459.1	1.9966	0.2111	458.9	1.9900	0.1958	458.8	1.9838	0.1825	458.7	1.9780	75
80	0.2324	463.9	2.0103	0.2143	463.7	2.0036	0.1987	463.6	1.9975	0.1853	463.5	1.9917	80
85	0.2358	468.7	2.0239	0.2175	468.6	2.0172	0.2017	468.5	2.0111	0.1881	468.4	2.0054	85
90	0.2393	473.6	2.0374	0.2206	473.5	2.0308	0.2047	473.4	2.0246	0.1908	473.3	2.0189	90
95	0.2427	478.5	2.0508	0.2238	478.4	2.0442	0.2076	478.3	2.0381	0.1936	478.2	2.0324	95
100	0.2461	483.4	2.0642	0.2270	483.3	2.0576	0.2106	483.2	2.0515	0.1964	483.1	2.0458	100
105	0.2495	488.4	2.0775	0.2301	488.3	2.0709	0.2135	488.2	2.0648	0.1991	488.1	2.0591	105
110	0.2530	493.4	2.0907	0.2333	493.4	2.0841	0.2165	493.3	2.0780	0.2019	493.2	2.0723	110
115	0.2564	498.5	2.1038	0.2365	498.4	2.0973	0.2194	498.4	2.0912	0.2046	498.3	2.0855	115
120	0.2598	503.6	2.1169	0.2396	503.6	2.1104	0.2223	503.5	2.1043	0.2074	503.4	2.0986	120
125	0.2632	508.8	2.1300	0.2428	508.7	2.1234	0.2253	508.6	2.1173	0.2101	508.5	2.1117	125
130	0.2666	514.0	2.1429	0.2459	513.9	2.1364	0.2282	513.8	2.1303	0.2129	513.8	2.1246	130

**Table 2 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Superheated Vapour—Constant Pressure Tables**

**V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg-K    (Saturation Properties in parentheses)**

TEMP. °C	ABSOLUTE PRESSURE, kPa												TEMP. °C
	160			170			180			190			
	(-17.72°C)			(-16.27°C)			(-14.89°C)			(-13.56°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
(0.1202)	(376.1)	(1.698)	(0.1135)	(377.0)	(1.7719)	(0.1075)	(377.9)	(1.6961)	(0.1021)	(378.7)	(1.6952)		
-15	0.1218	378.4	1.7069	0.1142	378.1	1.7012	—	—	—	—	—	—	-15
-10	0.1247	382.6	1.7231	0.1170	382.3	1.7174	0.1101	382.0	1.7120	0.1039	381.7	1.7069	-10
-5	0.1276	386.8	1.7390	0.1197	386.5	1.7334	0.1127	386.3	1.7281	0.1064	386.0	1.7230	-5
0	0.1304	391.0	1.7546	0.1224	390.8	1.7491	0.1152	390.6	1.7439	0.1088	390.3	1.7389	0
5	0.1333	395.3	1.7701	0.1251	395.1	1.7646	0.1178	394.9	1.7595	0.1113	394.6	1.7545	5
10	0.1360	399.6	1.7854	0.1277	399.4	1.7800	0.1203	399.2	1.7749	0.1137	399.0	1.7700	10
15	0.1388	403.9	1.8005	0.1303	403.7	1.7952	0.1228	403.5	1.7901	0.1160	403.3	1.7852	15
20	0.1416	408.3	1.8155	0.1329	408.1	1.8102	0.1253	407.9	1.8051	0.1184	407.7	1.8003	20
25	0.1443	412.7	1.8304	0.1355	412.5	1.8251	0.1277	412.3	1.8200	0.1207	412.1	1.8153	25
30	0.1470	417.1	1.8451	0.1381	416.9	1.8398	0.1301	416.7	1.8348	0.1230	416.6	1.8301	30
35	0.1497	421.6	1.8597	0.1406	421.4	1.8544	0.1326	421.2	1.8495	0.1254	421.1	1.8448	35
40	0.1524	426.0	1.8741	0.1432	425.9	1.8689	0.1350	425.7	1.8640	0.1276	425.6	1.8593	40
45	0.1551	430.6	1.8885	0.1457	430.4	1.8833	0.1374	430.3	1.8784	0.1299	430.1	1.8737	45
50	0.1577	435.2	1.9028	0.1482	435.0	1.8976	0.1398	434.9	1.8927	0.1322	434.7	1.8881	50
55	0.1604	439.8	1.9169	0.1507	439.6	1.9118	0.1421	439.5	1.9069	0.1345	439.4	1.9023	55
60	0.1630	444.4	1.9310	0.1532	444.3	1.9259	0.1445	444.2	1.9210	0.1367	444.0	1.9164	60
65	0.1657	449.1	1.9450	0.1557	449.0	1.9399	0.1469	448.9	1.9350	0.1390	448.7	1.9304	65
70	0.1683	453.8	1.9589	0.1582	453.7	1.9538	0.1492	453.6	1.9489	0.1412	453.5	1.9443	70
75	0.1709	458.6	1.9726	0.1607	458.5	1.9676	0.1516	458.4	1.9627	0.1434	458.3	1.9582	75
80	0.1735	463.4	1.9864	0.1631	463.3	1.9813	0.1539	463.2	1.9765	0.1456	463.1	1.9719	80
85	0.1761	468.3	2.0000	0.1656	468.2	1.9949	0.1562	468.0	1.9901	0.1479	467.9	1.9856	85
90	0.1787	473.1	2.0135	0.1681	473.0	2.0085	0.1586	472.9	2.0037	0.1501	472.8	1.9992	90
95	0.1813	478.1	2.0270	0.1705	478.0	2.0220	0.1609	477.9	2.0172	0.1523	477.8	2.0127	95
100	0.1839	483.0	2.0404	0.1730	482.9	2.0354	0.1632	482.9	2.0306	0.1545	482.8	2.0261	100
105	0.1865	488.0	2.0537	0.1754	488.0	2.0487	0.1655	487.9	2.0440	0.1567	487.8	2.0395	105
110	0.1891	493.1	2.0670	0.1778	493.0	2.0620	0.1678	492.9	2.0572	0.1589	492.8	2.0527	110
115	0.1917	498.2	2.0802	0.1803	498.1	2.0752	0.1701	498.0	2.0704	0.1610	497.9	2.0660	115
120	0.1943	503.3	2.0933	0.1827	503.2	2.0883	0.1724	503.1	2.0836	0.1632	503.1	2.0791	120
125	0.1968	508.5	2.1064	0.1851	508.4	2.1014	0.1747	508.3	2.0966	0.1654	508.2	2.0922	125
130	0.1994	513.7	2.1193	0.1876	513.6	2.1144	0.1770	513.5	2.1096	0.1676	513.4	2.1052	130
135	0.2020	518.9	2.1323	0.1900	518.8	2.1273	0.1793	518.8	2.1226	0.1698	518.7	2.1181	135

TEMP. °C	ABSOLUTE PRESSURE, kPa												TEMP. °C
	200			210			220			230			
	(-12.28°C)			(-11.06°C)			(-9.88°C)			(-8.74°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
(0.0972)	(379.3)	(1.6944)	(0.0928)	(380.2)	(1.6937)	(0.0887)	(381.0)	(1.6930)	(0.0850)	(381.7)	(1.6924)		
-10	0.0983	381.4	1.7019	0.0933	381.1	1.6972	—	—	—	—	—	—	-10
-5	0.1007	385.8	1.7182	0.0956	385.5	1.7135	0.0909	385.2	1.7090	0.0866	384.9	1.7047	-5
0	0.1031	390.1	1.7341	0.0978	389.8	1.7295	0.0931	389.6	1.7251	0.0887	389.3	1.7208	0
5	0.1054	394.4	1.7498	0.1001	394.2	1.7453	0.0952	393.9	1.7409	0.0908	393.7	1.7367	5
10	0.1077	398.7	1.7653	0.1023	398.5	1.7608	0.0974	398.3	1.7565	0.0929	398.1	1.7524	10
15	0.1100	403.1	1.7806	0.1045	402.9	1.7762	0.0995	402.7	1.7719	0.0949	402.5	1.7678	15
20	0.1122	407.5	1.7957	0.1066	407.3	1.7914	0.1015	407.1	1.7871	0.0969	406.9	1.7831	20
25	0.1144	411.9	1.8107	0.1088	411.8	1.8064	0.1036	411.6	1.8022	0.0989	411.4	1.7982	25
30	0.1167	416.4	1.8256	0.1109	416.2	1.8212	0.1056	416.1	1.8171	0.1008	415.9	1.8131	30
35	0.1189	420.9	1.8403	0.1130	420.7	1.8360	0.1076	420.6	1.8319	0.1028	420.4	1.8279	35
40	0.1210	425.4	1.8548	0.1151	425.3	1.8506	0.1097	425.1	1.8465	0.1047	425.0	1.8426	40
45	0.1232	430.0	1.8693	0.1172	429.8	1.8651	0.1116	429.7	1.8610	0.1066	429.5	1.8571	45
50	0.1254	434.6	1.8836	0.1192	434.4	1.8794	0.1136	434.3	1.8754	0.1085	434.2	1.8715	50
55	0.1275	439.2	1.8979	0.1213	439.1	1.8937	0.1156	439.0	1.8896	0.1104	438.8	1.8858	55
60	0.1297	443.9	1.9120	0.1233	443.8	1.9078	0.1176	443.6	1.9038	0.1123	443.5	1.9000	60
65	0.1318	448.6	1.9260	0.1254	448.5	1.9219	0.1195	448.4	1.9179	0.1142	448.2	1.9141	65
70	0.1340	453.4	1.9400	0.1274	453.2	1.9358	0.1215	453.1	1.9319	0.1161	453.0	1.9280	70
75	0.1361	458.1	1.9538	0.1295	458.0	1.9497	0.1234	457.9	1.9457	0.1179	457.8	1.9419	75
80	0.1382	463.0	1.9676	0.1315	462.9	1.9635	0.1254	462.7	1.9595	0.1198	462.6	1.9557	80
85	0.1403	467.8	1.9813	0.1335	467.7	1.9772	0.1273	467.6	1.9732	0.1216	467.5	1.9694	85
90	0.1424	472.7	1.9949	0.1355	472.6	1.9908	0.1292	472.5	1.9868	0.1235	472.4	1.9831	90
95	0.1445	477.7	2.0084	0.1375	477.6	2.0043	0.1311	477.5	2.0004	0.1253	477.4	1.9966	95
100	0.1466	482.7	2.0218	0.1395	482.6	2.0177	0.1330	482.5	2.0138	0.1271	482.4	2.0101	100
105	0.1487	487.7	2.0352	0.1415	487.6	2.0311	0.1350	487.5	2.0272	0.1290	487.4	2.0235	105
110	0.1508	492.7	2.0485	0.1435	492.6	2.0444	0.1369	492.6	2.0405	0.1308	492.5	2.0368	110
115	0.1529	497.8	2.0617	0.1455	497.7	2.0576	0.1388	497.7	2.0537	0.1326	497.6	2.0500	115
120	0.1550	503.0	2.0748	0.1475	502.9	2.0708	0.1407	502.8	2.0669	0.1344	502.7	2.0632	120
125	0.1570	508.1	2.0879	0.1495	508.1	2.0839	0.1426	508.0	2.0800	0.1363	507.9	2.0763	125
130	0.1591	513.4	2.1009	0.1514	513.3	2.0969	0.1444	513.2	2.0930	0.1381	513.1	2.0893	130
135	0.1612	518.6	2.1139	0.1534	518.5	2.1098	0.1463	518.5	2.1060	0.1399	518.4	2.1023	135
140	0.1632	523.9	2.1268	0.1554	523.8	2.1227	0.1482	523.8	2.1189	0.1417	523.7	2.1152	140

**Table 2 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Superheated Vapour—Constant Pressure Tables**

**V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg·K    (Saturation Properties in parentheses)**

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	240			250			260			270			TEMP. °C
	(-7.64°C)			(-6.57°C)			(-5.53°C)			(-4.53°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0816)	(382.3)	(1.6918)	(0.0785)	(383.0)	(1.6912)	(0.0756)	(383.6)	(1.6907)	(0.0729)	(384.2)	(1.6902)	
-5	0.0827	384.7	1.7005	0.0791	384.4	1.6964	0.0758	384.1	1.6924	-	-	-	-5
0	0.0848	389.1	1.7167	0.0811	388.8	1.7128	0.0777	388.5	1.7089	0.0746	388.3	1.7051	0
5	0.0868	393.5	1.7327	0.0831	393.2	1.7288	0.0796	393.0	1.7250	0.0764	392.7	1.7213	5
10	0.0888	397.9	1.7484	0.0850	397.6	1.7445	0.0815	397.4	1.7408	0.0782	397.2	1.7372	10
15	0.0907	402.3	1.7639	0.0868	402.1	1.7601	0.0833	401.9	1.7564	0.0800	401.7	1.7528	15
20	0.0926	406.7	1.7792	0.0887	406.5	1.7754	0.0851	406.3	1.7718	0.0817	406.1	1.7683	20
25	0.0945	411.2	1.7943	0.0905	411.0	1.7906	0.0869	410.8	1.7870	0.0835	410.6	1.7835	25
30	0.0964	415.7	1.8093	0.0924	415.5	1.8056	0.0886	415.4	1.8020	0.0852	415.2	1.7986	30
35	0.0983	420.2	1.8241	0.0942	420.1	1.8204	0.0904	419.9	1.8169	0.0869	419.7	1.8135	35
40	0.1002	424.8	1.8388	0.0960	424.6	1.8351	0.0921	424.5	1.8316	0.0885	424.3	1.8282	40
45	0.1020	429.4	1.8533	0.0977	429.2	1.8497	0.0938	429.1	1.8462	0.0902	428.9	1.8429	45
50	0.1038	434.0	1.8678	0.0995	433.9	1.8642	0.0955	433.7	1.8607	0.0919	433.6	1.8574	50
55	0.1057	438.7	1.8821	0.1013	438.5	1.8785	0.0972	438.4	1.8751	0.0935	438.3	1.8717	55
60	0.1075	443.4	1.8963	0.1030	443.2	1.8927	0.0989	443.1	1.8893	0.0951	443.0	1.8860	60
65	0.1093	448.1	1.9104	0.1048	448.0	1.9068	0.1006	447.9	1.9034	0.0967	447.7	1.9001	65
70	0.1111	452.9	1.9244	0.1065	452.8	1.9209	0.1023	452.6	1.9175	0.0984	452.5	1.9142	70
75	0.1129	457.7	1.9383	0.1082	457.6	1.9348	0.1039	457.4	1.9314	0.1000	457.3	1.9281	75
80	0.1147	462.5	1.9521	0.1099	462.4	1.9486	0.1056	462.3	1.9452	0.1016	462.2	1.9420	80
85	0.1164	467.4	1.9658	0.1117	467.3	1.9623	0.1073	467.2	1.9590	0.1032	467.1	1.9557	85
90	0.1182	472.3	1.9795	0.1134	472.2	1.9760	0.1089	472.1	1.9726	0.1048	472.0	1.9694	90
95	0.1200	477.3	1.9930	0.1151	477.2	1.9895	0.1105	477.1	1.9862	0.1063	477.0	1.9830	95
100	0.1217	482.3	2.0065	0.1168	482.2	2.0030	0.1122	482.1	1.9997	0.1079	482.0	1.9965	100
105	0.1235	487.3	2.0199	0.1185	487.2	2.0164	0.1138	487.1	2.0131	0.1095	487.0	2.0099	105
110	0.1253	492.4	2.0332	0.1201	492.3	2.0298	0.1154	492.2	2.0265	0.1111	492.1	2.0233	110
115	0.1270	497.5	2.0465	0.1218	497.4	2.0430	0.1171	497.3	2.0397	0.1126	497.2	2.0365	115
120	0.1288	502.6	2.0596	0.1235	502.5	2.0562	0.1187	502.5	2.0529	0.1142	502.4	2.0497	120
125	0.1305	507.8	2.0727	0.1252	507.7	2.0693	0.1203	507.7	2.0660	0.1157	507.6	2.0629	125
130	0.1322	513.0	2.0858	0.1269	513.0	2.0824	0.1219	512.9	2.0791	0.1173	512.8	2.0759	130
135	0.1340	518.3	2.0987	0.1285	518.2	2.0953	0.1235	518.1	2.0921	0.1189	518.1	2.0889	135
140	0.1357	523.6	2.1116	0.1302	523.5	2.1083	0.1251	523.5	2.1050	0.1204	523.4	2.1018	140
145	0.1374	528.9	2.1245	0.1319	528.9	2.1211	0.1267	528.8	2.1178	0.1219	528.7	2.1147	145

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	280			290			300			310			TEMP. °C
	(-3.55°C)			(-2.60°C)			(-1.68°C)			(-0.77°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0704)	(384.8)	(1.6897)	(0.0680)	(385.4)	(1.6893)	(0.0658)	(385.9)	(1.6888)	(0.0658)	(385.9)	(1.6888)	
0	0.0717	388.0	1.7015	0.0690	387.7	1.6979	0.0664	387.5	1.6944	0.0641	387.2	1.6910	0
5	0.0735	392.5	1.7177	0.0707	392.2	1.7142	0.0681	392.0	1.7108	0.0657	391.7	1.7075	5
10	0.0752	397.0	1.7337	0.0724	396.7	1.7303	0.0698	396.5	1.7269	0.0673	396.3	1.7237	10
15	0.0769	401.4	1.7494	0.0741	401.2	1.7460	0.0714	401.0	1.7427	0.0689	400.8	1.7395	15
20	0.0786	405.9	1.7649	0.0757	405.7	1.7615	0.0730	405.5	1.7583	0.0705	405.3	1.7552	20
25	0.0803	410.5	1.7801	0.0774	410.3	1.7768	0.0746	410.1	1.7737	0.0720	409.9	1.7706	25
30	0.0820	415.0	1.7952	0.0790	414.8	1.7920	0.0762	414.6	1.7888	0.0735	414.5	1.7858	30
35	0.0836	419.6	1.8102	0.0805	419.4	1.8069	0.0777	419.2	1.8038	0.0751	419.1	1.8008	35
40	0.0852	424.2	1.8250	0.0821	424.0	1.8218	0.0792	423.8	1.8187	0.0765	423.7	1.8157	40
45	0.0868	428.8	1.8396	0.0837	428.6	1.8364	0.0808	428.5	1.8334	0.0780	428.3	1.8304	45
50	0.0884	433.4	1.8541	0.0852	433.3	1.8510	0.0823	433.1	1.8479	0.0795	433.0	1.8450	50
55	0.0900	438.1	1.8685	0.0868	438.0	1.8654	0.0838	437.8	1.8624	0.0809	437.7	1.8594	55
60	0.0916	442.8	1.8828	0.0883	442.7	1.8797	0.0852	442.6	1.8767	0.0824	442.4	1.8738	60
65	0.0932	447.6	1.8970	0.0898	447.5	1.8939	0.0867	447.3	1.8909	0.0838	447.2	1.8880	65
70	0.0947	452.4	1.9110	0.0913	452.3	1.9079	0.0882	452.1	1.9050	0.0852	452.0	1.9021	70
75	0.0963	457.2	1.9250	0.0929	457.1	1.9219	0.0896	457.0	1.9190	0.0867	456.9	1.9161	75
80	0.0978	462.1	1.9388	0.0944	462.0	1.9358	0.0911	461.8	1.9329	0.0881	461.7	1.9300	80
85	0.0994	467.0	1.9526	0.0958	466.9	1.9496	0.0925	466.8	1.9466	0.0895	466.6	1.9438	85
90	0.1009	471.9	1.9663	0.0973	471.8	1.9633	0.0940	471.7	1.9604	0.0909	471.6	1.9575	90
95	0.1024	476.9	1.9799	0.0988	476.8	1.9769	0.0954	476.7	1.9740	0.0923	476.6	1.9711	95
100	0.1040	481.9	1.9934	0.1003	481.8	1.9904	0.0969	481.7	1.9875	0.0936	481.6	1.9847	100
105	0.1055	486.9	2.0068	0.1018	486.8	2.0038	0.0983	486.7	2.0010	0.0950	486.6	1.9981	105
110	0.1070	492.0	2.0202	0.1032	491.9	2.0172	0.0997	491.8	2.0143	0.0964	491.7	2.0115	110
115	0.1085	497.1	2.0335	0.1047	497.0	2.0305	0.1011	497.0	2.0276	0.0978	496.9	2.0248	115
120	0.1100	502.3	2.0467	0.1062	502.2	2.0437	0.1025	502.1	2.0408	0.0992	502.0	2.0381	120
125	0.1115	507.5	2.0598	0.1076	507.4	2.0568	0.1040	507.3	2.0540	0.1005	507.2	2.0512	125
130	0.1130	512.7	2.0729	0.1091	512.6	2.0699	0.1054	512.6	2.0671	0.1019	512.5	2.0643	130
135	0.1145	518.0	2.0859	0.1105	517.9	2.0829	0.1068	517.8	2.0801	0.1033	517.8	2.0773	135
140	0.1160	523.3	2.0988	0.1120	523.2	2.0959	0.1082	523.2	2.0930	0.1046	523.1	2.0903	140
145	0.1175	528.7	2.1117	0.1134	528.6	2.1087	0.1096	528.5	2.1059	0.1060	528.4	2.1031	145
150	0.1190	534.0	2.1245	0.1148	534.0	2.1215	0.1110	533.9	2.1187	0.1073	533.8	2.1159	150

**Table 2 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Superheated Vapour—Constant Pressure Tables**

**V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg-K    (Saturation Properties in parentheses)**

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	320			330			340			350			TEMP. °C
	(0.10°C)			(0.96°C)			(1.80°C)			(2.62°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0618)	(387.0)	(1.6881)	(0.0600)	(387.5)	(1.6877)	(0.0583)	(388.0)	(1.6873)	(0.0567)	(388.5)	(1.6870)	
5	0.0635	391.5	1.7043	0.0613	391.2	1.7011	0.0593	391.0	1.6980	0.0574	390.7	1.6950	5
10	0.0650	396.0	1.7205	0.0629	395.8	1.7174	0.0608	395.6	1.7144	0.0589	395.3	1.7114	10
15	0.0666	400.6	1.7364	0.0644	400.4	1.7334	0.0623	400.1	1.7304	0.0604	399.9	1.7275	15
20	0.0681	405.1	1.7521	0.0659	404.9	1.7491	0.0638	404.7	1.7462	0.0618	404.5	1.7433	20
25	0.0696	409.7	1.7675	0.0673	409.5	1.7646	0.0652	409.3	1.7617	0.0632	409.1	1.7589	25
30	0.0711	414.3	1.7828	0.0688	414.1	1.7799	0.0666	413.9	1.7770	0.0646	413.7	1.7743	30
35	0.0726	418.9	1.7978	0.0702	418.7	1.7950	0.0680	418.5	1.7922	0.0659	418.4	1.7894	35
40	0.0740	423.5	1.8127	0.0716	423.3	1.8099	0.0694	423.2	1.8071	0.0673	423.0	1.8044	40
45	0.0754	428.2	1.8275	0.0730	428.0	1.8247	0.0708	427.9	1.8219	0.0686	427.7	1.8192	45
50	0.0769	432.8	1.8421	0.0744	432.7	1.8393	0.0721	432.6	1.8366	0.0699	432.4	1.8339	50
55	0.0783	437.6	1.8566	0.0758	437.4	1.8538	0.0734	437.3	1.8511	0.0712	437.1	1.8485	55
60	0.0797	442.3	1.8709	0.0772	442.2	1.8682	0.0748	442.0	1.8655	0.0725	441.9	1.8629	60
65	0.0811	447.1	1.8852	0.0785	447.0	1.8824	0.0761	446.8	1.8798	0.0738	446.7	1.8772	65
70	0.0825	451.9	1.8993	0.0799	451.8	1.8966	0.0774	451.6	1.8939	0.0751	451.5	1.8913	70
75	0.0838	456.7	1.9133	0.0812	456.6	1.9106	0.0787	456.5	1.9080	0.0764	456.4	1.9054	75
80	0.0852	461.6	1.9272	0.0825	461.5	1.9245	0.0800	461.4	1.9219	0.0776	461.3	1.9193	80
85	0.0866	466.5	1.9410	0.0839	466.4	1.9384	0.0813	466.3	1.9357	0.0789	466.2	1.9332	85
90	0.0879	471.5	1.9548	0.0852	471.4	1.9521	0.0826	471.3	1.9495	0.0801	471.2	1.9470	90
95	0.0893	476.5	1.9684	0.0865	476.4	1.9657	0.0839	476.3	1.9632	0.0814	476.2	1.9606	95
100	0.0906	481.5	1.9820	0.0878	481.4	1.9793	0.0851	481.3	1.9767	0.0826	481.2	1.9742	100
105	0.0920	486.6	1.9954	0.0891	486.5	1.9928	0.0864	486.4	1.9902	0.0839	486.3	1.9877	105
110	0.0933	491.7	2.0088	0.0904	491.6	2.0062	0.0877	491.5	2.0036	0.0851	491.4	2.0011	110
115	0.0947	496.8	2.0221	0.0917	496.7	2.0195	0.0889	496.6	2.0169	0.0863	496.5	2.0145	115
120	0.0960	502.0	2.0354	0.0930	501.9	2.0327	0.0902	501.8	2.0302	0.0876	501.7	2.0277	120
125	0.0973	507.2	2.0485	0.0943	507.1	2.0459	0.0915	507.0	2.0434	0.0888	506.9	2.0409	125
130	0.0986	512.4	2.0616	0.0956	512.3	2.0590	0.0927	512.2	2.0565	0.0900	512.2	2.0540	130
135	0.1000	517.7	2.0746	0.0969	517.6	2.0720	0.0940	517.5	2.0695	0.0912	517.5	2.0670	135
140	0.1013	523.0	2.0876	0.0981	522.9	2.0850	0.0952	522.9	2.0825	0.0924	522.8	2.0800	140
145	0.1026	528.4	2.1005	0.0994	528.3	2.0979	0.0964	528.2	2.0954	0.0936	528.1	2.0929	145
150	0.1039	533.8	2.1133	0.1007	533.7	2.1107	0.0977	533.6	2.1082	0.0948	533.5	2.1057	150
155	0.1052	539.2	2.1260	0.1020	539.1	2.1235	0.0989	539.0	2.1210	0.0960	539.0	2.1185	155

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	360			370			380			390			TEMP. °C
	(3.43°C)			(4.21°C)			(4.98°C)			(5.74°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0552)	(389.0)	(1.6867)	(0.0537)	(389.4)	(1.6864)	(0.0523)	(389.9)	(1.6861)	(0.0510)	(390.3)	(1.6858)	
5	0.0556	390.4	1.6920	0.0540	390.2	1.6890	0.0523	389.9	1.6862	—	—	—	5
10	0.0571	395.1	1.7085	0.0554	394.8	1.7057	0.0538	394.6	1.7029	0.0522	394.3	1.7001	10
15	0.0585	399.7	1.7247	0.0568	399.5	1.7219	0.0551	399.2	1.7192	0.0536	399.0	1.7165	15
20	0.0599	404.3	1.7405	0.0581	404.1	1.7378	0.0565	403.9	1.7351	0.0549	403.7	1.7325	20
25	0.0613	408.9	1.7562	0.0595	408.7	1.7535	0.0578	408.5	1.7508	0.0562	408.3	1.7483	25
30	0.0626	413.5	1.7716	0.0608	413.4	1.7689	0.0591	413.2	1.7663	0.0574	413.0	1.7638	30
35	0.0640	418.2	1.7867	0.0621	418.0	1.7841	0.0604	417.8	1.7816	0.0587	417.7	1.7791	35
40	0.0653	422.8	1.8018	0.0634	422.7	1.7992	0.0616	422.5	1.7967	0.0599	422.3	1.7942	40
45	0.0666	427.5	1.8166	0.0647	427.4	1.8141	0.0629	427.2	1.8116	0.0611	427.1	1.8091	45
50	0.0679	432.3	1.8313	0.0659	432.1	1.8288	0.0641	432.0	1.8263	0.0623	431.8	1.8239	50
55	0.0692	437.0	1.8459	0.0672	436.9	1.8434	0.0653	436.7	1.8409	0.0635	436.6	1.8385	55
60	0.0704	441.8	1.8603	0.0684	441.6	1.8578	0.0665	441.5	1.8554	0.0647	441.4	1.8530	60
65	0.0717	446.6	1.8746	0.0696	446.4	1.8721	0.0677	446.3	1.8697	0.0659	446.2	1.8674	65
70	0.0729	451.4	1.8888	0.0709	451.3	1.8863	0.0689	451.1	1.8839	0.0670	451.0	1.8816	70
75	0.0742	456.3	1.9029	0.0721	456.1	1.9004	0.0701	456.0	1.8981	0.0682	455.9	1.8957	75
80	0.0754	461.2	1.9169	0.0733	461.0	1.9144	0.0713	460.9	1.9121	0.0694	460.8	1.9097	80
85	0.0766	466.1	1.9307	0.0745	466.0	1.9283	0.0724	465.9	1.9259	0.0705	465.8	1.9236	85
90	0.0778	471.1	1.9445	0.0757	471.0	1.9421	0.0736	470.9	1.9397	0.0716	470.7	1.9375	90
95	0.0791	476.1	1.9582	0.0768	476.0	1.9558	0.0747	475.9	1.9534	0.0728	475.8	1.9512	95
100	0.0803	481.1	1.9718	0.0780	481.0	1.9694	0.0759	480.9	1.9671	0.0739	480.8	1.9648	100
105	0.0815	486.2	1.9853	0.0792	486.1	1.9829	0.0770	486.0	1.9806	0.0750	485.9	1.9783	105
110	0.0827	491.3	1.9987	0.0804	491.2	1.9963	0.0782	491.1	1.9940	0.0761	491.0	1.9918	110
115	0.0839	496.4	2.0120	0.0815	496.3	2.0097	0.0793	496.3	2.0074	0.0772	496.2	2.0051	115
120	0.0851	501.6	2.0253	0.0827	501.5	2.0229	0.0805	501.4	2.0207	0.0783	501.4	2.0184	120
125	0.0862	506.8	2.0385	0.0839	506.7	2.0361	0.0816	506.7	2.0339	0.0794	506.6	2.0316	125
130	0.0874	512.1	2.0516	0.0850	512.0	2.0493	0.0827	511.9	2.0470	0.0805	511.8	2.0448	130
135	0.0886	517.4	2.0646	0.0862	517.3	2.0623	0.0838	517.2	2.0600	0.0816	517.1	2.0578	135
140	0.0898	522.7	2.0776	0.0873	522.6	2.0753	0.0850	522.6	2.0730	0.0827	522.5	2.0708	140
145	0.0910	528.1	2.0905	0.0885	528.0	2.0882	0.0861	527.9	2.0859	0.0838	527.9	2.0837	145
150	0.0921	533.5	2.1034	0.0896	533.4	2.1011	0.0872	533.3	2.0988	0.0849	533.3	2.0966	150
155	0.0933	538.9	2.1161	0.0907	538.8	2.1138	0.0883	538.8	2.1116	0.0860	538.7	2.1094	155

**Table 2 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Superheated Vapour—Constant Pressure Tables**

V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg·K    (Saturation Properties in parentheses)

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	400			425			450			475			TEMP. °C
	(6.48°C)			(8.27°C)			(9.98°C)			(11.62°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0498)	(390.7)	(1.6855)	(0.0469)	(391.8)	(1.6849)	(0.0443)	(392.7)	(1.6843)	(0.0420)	(393.7)	(1.6838)	
10	0.0507	394.1	1.6974	0.0474	393.4	1.6908	0.0444	392.8	1.6844	—	—	—	10
15	0.0521	398.8	1.7138	0.0486	398.2	1.7074	0.0456	397.6	1.7012	0.0428	397.0	1.6953	15
20	0.0534	403.4	1.7299	0.0499	402.9	1.7237	0.0468	402.3	1.7177	0.0440	401.8	1.7119	20
25	0.0546	408.1	1.7457	0.0511	407.6	1.7396	0.0479	407.1	1.7337	0.0451	406.6	1.7281	25
30	0.0559	412.8	1.7613	0.0523	412.3	1.7553	0.0491	411.8	1.7495	0.0462	411.3	1.7439	30
35	0.0571	417.5	1.7766	0.0534	417.0	1.7707	0.0502	416.6	1.7650	0.0473	416.1	1.7596	35
40	0.0583	422.2	1.7918	0.0546	421.8	1.7859	0.0513	421.3	1.7803	0.0484	420.9	1.7750	40
45	0.0595	426.9	1.8067	0.0557	426.5	1.8009	0.0524	426.1	1.7954	0.0494	425.7	1.7901	45
50	0.0607	431.6	1.8215	0.0569	431.3	1.8158	0.0535	430.9	1.8103	0.0504	430.5	1.8051	50
55	0.0618	436.4	1.8362	0.0580	436.1	1.8305	0.0545	435.7	1.8251	0.0514	435.3	1.8199	55
60	0.0630	441.2	1.8507	0.0591	440.9	1.8451	0.0556	440.5	1.8397	0.0524	440.2	1.8346	60
65	0.0641	446.0	1.8650	0.0602	445.7	1.8595	0.0566	445.4	1.8542	0.0534	445.0	1.8491	65
70	0.0653	450.9	1.8793	0.0612	450.6	1.8738	0.0576	450.3	1.8685	0.0544	449.9	1.8635	70
75	0.0664	455.8	1.8934	0.0623	455.5	1.8880	0.0587	455.2	1.8827	0.0554	454.9	1.8778	75
80	0.0675	460.7	1.9075	0.0634	460.4	1.9020	0.0597	460.1	1.8968	0.0564	459.8	1.8919	80
85	0.0687	465.7	1.9214	0.0644	465.4	1.9160	0.0607	465.1	1.9108	0.0573	464.8	1.9059	85
90	0.0698	470.6	1.9352	0.0655	470.4	1.9298	0.0617	470.1	1.9247	0.0583	469.8	1.9198	90
95	0.0709	475.7	1.9489	0.0665	475.4	1.9436	0.0627	475.1	1.9385	0.0592	474.9	1.9336	95
100	0.0720	480.7	1.9626	0.0676	480.5	1.9572	0.0637	480.2	1.9522	0.0602	480.0	1.9474	100
105	0.0731	485.8	1.9761	0.0686	485.6	1.9708	0.0647	485.3	1.9658	0.0611	485.1	1.9610	105
110	0.0742	490.9	1.9896	0.0696	490.7	1.9843	0.0656	490.5	1.9793	0.0620	490.2	1.9745	110
115	0.0752	496.1	2.0029	0.0707	495.9	1.9977	0.0666	495.6	1.9927	0.0630	495.4	1.9879	115
120	0.0763	501.3	2.0162	0.0717	501.1	2.0110	0.0676	500.8	2.0060	0.0639	500.6	2.0013	120
125	0.0774	506.5	2.0295	0.0727	506.3	2.0242	0.0685	506.1	2.0193	0.0648	505.9	2.0146	125
130	0.0785	511.8	2.0426	0.0737	511.6	2.0374	0.0695	511.4	2.0324	0.0657	511.2	2.0277	130
135	0.0795	517.1	2.0557	0.0747	516.9	2.0505	0.0705	516.7	2.0455	0.0667	516.5	2.0409	135
140	0.0806	522.4	2.0687	0.0758	522.2	2.0635	0.0714	522.0	2.0586	0.0676	521.8	2.0539	140
145	0.0817	527.8	2.0816	0.0768	527.6	2.0764	0.0724	527.4	2.0715	0.0685	527.2	2.0669	145
150	0.0827	533.2	2.0945	0.0778	533.0	2.0893	0.0733	532.8	2.0844	0.0694	532.7	2.0798	150
155	0.0838	538.6	2.1072	0.0788	538.5	2.1021	0.0743	538.3	2.0972	0.0703	538.1	2.0926	155
160	0.0849	544.1	2.1200	0.0798	544.0	2.1148	0.0752	543.8	2.1100	0.0712	543.6	2.1054	160

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	500			525			550			575			TEMP. °C
	(13.20°C)			(14.71°C)			(16.18°C)			(17.59°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0400)	(394.6)	(1.6833)	(0.0381)	(395.4)	(1.6829)	(0.0364)	(396.2)	(1.6824)	(0.0348)	(-397.0)	(1.6820)	
15	0.0404	396.3	1.6895	0.0381	395.7	1.6838	—	—	—	—	—	—	15
20	0.0415	401.2	1.7062	0.0392	400.6	1.7008	0.0372	400.0	1.6955	0.0353	399.4	1.6903	20
25	0.0426	406.0	1.7226	0.0403	405.5	1.7173	0.0382	404.9	1.7122	0.0363	404.4	1.7072	25
30	0.0436	410.8	1.7386	0.0413	410.3	1.7334	0.0392	409.8	1.7284	0.0372	409.3	1.7236	30
35	0.0447	415.7	1.7543	0.0423	415.2	1.7493	0.0402	414.7	1.7444	0.0382	414.2	1.7396	35
40	0.0457	420.5	1.7698	0.0433	420.0	1.7648	0.0411	419.6	1.7600	0.0391	419.1	1.7554	40
45	0.0467	425.3	1.7851	0.0443	424.9	1.7802	0.0420	424.4	1.7755	0.0400	424.0	1.7709	45
50	0.0477	430.1	1.8001	0.0452	429.7	1.7953	0.0430	429.3	1.7907	0.0409	428.9	1.7862	50
55	0.0487	435.0	1.8150	0.0462	434.6	1.8103	0.0439	434.2	1.8057	0.0418	433.8	1.8013	55
60	0.0496	439.8	1.8297	0.0471	439.5	1.8250	0.0448	439.1	1.8205	0.0427	438.7	1.8162	60
65	0.0506	444.7	1.8443	0.0480	444.4	1.8396	0.0457	444.0	1.8352	0.0435	443.7	1.8309	65
70	0.0515	449.6	1.8587	0.0489	449.3	1.8541	0.0465	449.0	1.8497	0.0443	448.6	1.8454	70
75	0.0525	454.6	1.8730	0.0498	454.3	1.8685	0.0474	453.9	1.8641	0.0452	453.6	1.8599	75
80	0.0534	459.5	1.8872	0.0507	459.2	1.8827	0.0482	458.9	1.8783	0.0460	458.6	1.8741	80
85	0.0543	464.5	1.9012	0.0516	464.3	1.8968	0.0491	464.0	1.8924	0.0468	463.7	1.8883	85
90	0.0552	469.6	1.9152	0.0525	469.3	1.9107	0.0499	469.0	1.9065	0.0476	468.7	1.9023	90
95	0.0561	474.6	1.9290	0.0533	474.4	1.9246	0.0508	474.1	1.9204	0.0484	473.8	1.9163	95
100	0.0570	479.7	1.9428	0.0542	479.5	1.9384	0.0516	479.2	1.9341	0.0492	479.0	1.9301	100
105	0.0579	484.8	1.9564	0.0550	484.6	1.9520	0.0524	484.4	1.9478	0.0500	484.1	1.9438	105
110	0.0588	490.0	1.9699	0.0559	489.8	1.9656	0.0532	489.5	1.9614	0.0508	489.3	1.9574	110
115	0.0597	495.2	1.9834	0.0567	495.0	1.9791	0.0541	494.7	1.9749	0.0516	494.5	1.9709	115
120	0.0606	500.4	1.9968	0.0576	500.2	1.9925	0.0549	500.0	1.9883	0.0524	499.8	1.9844	120
125	0.0615	505.7	2.0101	0.0584	505.5	2.0058	0.0557	505.2	2.0017	0.0532	505.0	1.9977	125
130	0.0623	511.0	2.0233	0.0593	510.8	2.0190	0.0565	510.5	2.0149	0.0539	510.3	2.0110	130
135	0.0632	516.3	2.0364	0.0601	516.1	2.0321	0.0573	515.9	2.0281	0.0547	515.7	2.0242	135
140	0.0641	521.6	2.0495	0.0609	521.5	2.0452	0.0581	521.3	2.0412	0.0555	521.1	2.0373	140
145	0.0650	527.0	2.0624	0.0618	526.9	2.0582	0.0589	526.7	2.0542	0.0562	526.5	2.0503	145
150	0.0658	532.5	2.0754	0.0626	532.3	2.0711	0.0597	532.1	2.0671	0.0570	531.9	2.0632	150
155	0.0667	537.9	2.0882	0.0634	537.8	2.0840	0.0604	537.6	2.0800	0.0577	537.4	2.0761	155
160	0.0675	543.4	2.1010	0.0642	543.3	2.0968	0.0612	543.1	2.0928	0.0585	542.9	2.0889	160
165	0.0684	549.0	2.1137	0.0651	548.8	2.1095	0.0620	548.7	2.1055	0.0592	548.5	2.1017	165

**Table 2 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Superheated Vapour—Constant Pressure Tables**

**V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg-K    (Saturation Properties in parentheses)**

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	600			625			650			675			TEMP. °C
	(18.96°C)			(20.29°C)			(21.58°C)			(22.83°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0333)	(397.7)	(1.6816)	(0.0320)	(398.4)	(1.6813)	(0.0307)	(399.1)	(1.6809)	(0.0296)	(399.8)	(1.6806)	
20	0.0335	398.8	1.6852	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
25	0.0345	403.8	1.7023	0.0329	403.2	1.6975	0.0314	402.6	1.6928	0.0300	402.0	1.6882	25
30	0.0355	408.8	1.7188	0.0338	408.3	1.7142	0.0323	407.7	1.7097	0.0309	407.2	1.7053	30
35	0.0364	413.7	1.7350	0.0347	413.2	1.7305	0.0332	412.7	1.7261	0.0317	412.2	1.7219	35
40	0.0373	418.7	1.7509	0.0356	418.2	1.7465	0.0340	417.7	1.7422	0.0326	417.3	1.7381	40
45	0.0382	423.6	1.7665	0.0364	423.2	1.7622	0.0349	422.7	1.7580	0.0334	422.3	1.7539	45
50	0.0390	428.5	1.7818	0.0373	428.1	1.7776	0.0357	427.7	1.7735	0.0342	427.3	1.7695	50
55	0.0399	433.4	1.7970	0.0381	433.1	1.7928	0.0365	432.7	1.7888	0.0350	432.3	1.7849	55
60	0.0407	438.4	1.8119	0.0389	438.0	1.8078	0.0373	437.6	1.8039	0.0357	437.3	1.8000	60
65	0.0415	443.3	1.8267	0.0397	443.0	1.8227	0.0380	442.6	1.8188	0.0365	442.3	1.8150	65
70	0.0423	448.3	1.8413	0.0405	448.0	1.8373	0.0388	447.7	1.8335	0.0372	447.3	1.8297	70
75	0.0432	453.3	1.8558	0.0413	453.0	1.8518	0.0396	452.7	1.8480	0.0380	452.4	1.8443	75
80	0.0439	458.3	1.8701	0.0421	458.0	1.8662	0.0403	457.7	1.8624	0.0387	457.4	1.8588	80
85	0.0447	463.4	1.8843	0.0428	463.1	1.8804	0.0411	462.8	1.8767	0.0394	462.5	1.8731	85
90	0.0455	468.5	1.8984	0.0436	468.2	1.8945	0.0418	467.9	1.8908	0.0401	467.6	1.8873	90
95	0.0463	473.6	1.9123	0.0443	473.3	1.9085	0.0425	473.0	1.9049	0.0408	472.8	1.9013	95
100	0.0471	478.7	1.9262	0.0451	478.4	1.9224	0.0432	478.2	1.9188	0.0415	477.9	1.9152	100
105	0.0478	483.9	1.9399	0.0458	483.6	1.9362	0.0439	483.4	1.9326	0.0422	483.1	1.9291	105
110	0.0486	489.1	1.9536	0.0465	488.8	1.9498	0.0447	488.6	1.9462	0.0429	488.3	1.9428	110
115	0.0493	494.3	1.9671	0.0473	494.0	1.9634	0.0454	493.8	1.9598	0.0436	493.6	1.9564	115
120	0.0501	499.5	1.9806	0.0480	499.3	1.9769	0.0461	499.1	1.9733	0.0443	498.9	1.9699	120
125	0.0508	504.8	1.9939	0.0487	504.6	1.9903	0.0468	504.4	1.9867	0.0449	504.2	1.9833	125
130	0.0516	510.1	2.0072	0.0494	509.9	2.0036	0.0475	509.7	2.0000	0.0456	509.5	1.9966	130
135	0.0523	515.5	2.0204	0.0501	515.3	2.0168	0.0481	515.1	2.0133	0.0463	514.9	2.0099	135
140	0.0531	520.9	2.0335	0.0509	520.7	2.0299	0.0488	520.5	2.0264	0.0469	520.3	2.0231	140
145	0.0538	526.3	2.0466	0.0516	526.1	2.0430	0.0495	525.9	2.0395	0.0476	525.7	2.0361	145
150	0.0545	531.8	2.0595	0.0523	531.6	2.0559	0.0502	531.4	2.0525	0.0483	531.2	2.0492	150
155	0.0553	537.2	2.0724	0.0530	537.1	2.0689	0.0509	536.9	2.0654	0.0489	536.7	2.0621	155
160	0.0560	542.8	2.0852	0.0537	542.6	2.0817	0.0515	542.4	2.0783	0.0496	542.3	2.0750	160
165	0.0567	548.3	2.0980	0.0544	548.2	2.0945	0.0522	548.0	2.0910	0.0502	547.8	2.0877	165
170	0.0574	553.9	2.1107	0.0551	553.8	2.1072	0.0529	553.6	2.1038	0.0509	553.4	2.1005	170

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	700			725			750			775			TEMP. °C
	(24.04°C)			(25.23°C)			(26.38°C)			(27.51°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0285)	(400.4)	(1.6803)	(0.0275)	(401.0)	(1.6800)	(0.0266)	(401.6)	(1.6797)	(0.0257)	(402.2)	(1.6794)	
25	0.0287	401.4	1.6837	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
30	0.0296	406.6	1.7009	0.0283	406.0	1.6966	0.0272	405.4	1.6924	0.0261	404.8	1.6882	30
35	0.0304	411.7	1.7177	0.0292	411.2	1.7135	0.0280	410.6	1.7095	0.0269	410.1	1.7055	35
40	0.0312	416.8	1.7340	0.0300	416.3	1.7300	0.0288	415.8	1.7261	0.0277	415.3	1.7222	40
45	0.0320	421.8	1.7500	0.0308	421.4	1.7461	0.0296	420.9	1.7422	0.0285	420.4	1.7385	45
50	0.0328	426.8	1.7656	0.0315	426.4	1.7618	0.0303	426.0	1.7581	0.0292	425.6	1.7545	50
55	0.0336	431.9	1.7811	0.0323	431.5	1.7773	0.0310	431.1	1.7737	0.0299	430.7	1.7701	55
60	0.0343	436.9	1.7963	0.0330	436.5	1.7926	0.0318	436.1	1.7890	0.0306	435.8	1.7855	60
65	0.0351	441.9	1.8113	0.0337	441.6	1.8077	0.0325	441.2	1.8042	0.0313	440.9	1.8007	65
70	0.0358	447.0	1.8261	0.0344	446.6	1.8225	0.0331	446.3	1.8191	0.0320	446.0	1.8157	70
75	0.0365	452.0	1.8407	0.0351	451.7	1.8372	0.0338	451.4	1.8338	0.0326	451.1	1.8305	75
80	0.0372	457.1	1.8552	0.0358	456.8	1.8518	0.0345	456.5	1.8484	0.0333	456.2	1.8451	80
85	0.0379	462.2	1.8696	0.0365	461.9	1.8661	0.0352	461.6	1.8628	0.0339	461.3	1.8596	85
90	0.0386	467.3	1.8838	0.0371	467.1	1.8804	0.0358	466.8	1.8771	0.0346	466.5	1.8739	90
95	0.0393	472.5	1.8979	0.0378	472.2	1.8945	0.0365	472.0	1.8912	0.0352	471.7	1.8881	95
100	0.0399	477.7	1.9118	0.0385	477.4	1.9085	0.0371	477.2	1.9053	0.0358	476.9	1.9021	100
105	0.0406	482.9	1.9257	0.0391	482.6	1.9224	0.0377	482.4	1.9192	0.0364	482.1	1.9160	105
110	0.0413	488.1	1.9394	0.0398	487.9	1.9361	0.0384	487.6	1.9329	0.0370	487.4	1.9299	110
115	0.0419	493.4	1.9530	0.0404	493.1	1.9498	0.0390	492.9	1.9466	0.0376	492.7	1.9436	115
120	0.0426	498.6	1.9666	0.0410	498.4	1.9633	0.0396	498.2	1.9602	0.0382	498.0	1.9572	120
125	0.0433	504.0	1.9800	0.0417	503.7	1.9768	0.0402	503.5	1.9737	0.0388	503.3	1.9707	125
130	0.0439	509.3	1.9934	0.0423	509.1	1.9902	0.0408	508.9	1.9871	0.0394	508.7	1.9841	130
135	0.0445	514.7	2.0066	0.0429	514.5	2.0034	0.0414	514.3	2.0004	0.0400	514.1	1.9974	135
140	0.0452	520.1	2.0198	0.0436	519.9	2.0166	0.0420	519.7	2.0136	0.0406	519.5	2.0106	140
145	0.0458	525.6	2.0329	0.0442	525.4	2.0298	0.0426	525.2	2.0267	0.0412	525.0	2.0238	145
150	0.0465	531.0	2.0459	0.0448	530.8	2.0428	0.0432	530.7	2.0398	0.0418	530.5	2.0368	150
155	0.0471	536.5	2.0589	0.0454	536.4	2.0558	0.0438	536.2	2.0527	0.0424	536.0	2.0498	155
160	0.0477	542.1	2.0717	0.0460	541.9	2.0686	0.0444	541.7	2.0656	0.0429	541.6	2.0627	160
165	0.0484	547.7	2.0846	0.0466	547.5	2.0815	0.0450	547.3	2.0785	0.0435	547.2	2.0756	165
170	0.0490	553.3	2.0973	0.0472	553.1	2.0942	0.0456	553.0	2.0912	0.0441	552.8	2.0883	170
175	0.0496	558.9	2.1100	0.0478	558.8	2.1069	0.0462	558.6	2.1039	0.0447	558.5	2.1010	175

**Table 2 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Superheated Vapour—Constant Pressure Tables**

V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg·K    (Saturation Properties in parentheses)

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	800			850			900			950			TEMP. °C
	(28.60°C)			(30.73°C)			(32.75°C)			(34.70°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0249)	(402.7)	(1.6791)	(0.0234)	(403.8)	(1.6786)	(0.0220)	(404.7)	(1.6781)	(0.0208)	(405.6)	(1.6776)	
30	0.0251	404.2	1.6841	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30
35	0.0259	409.5	1.7015	0.0240	408.4	1.6938	0.0223	407.2	1.6862	0.0208	406.0	1.6787	35
40	0.0267	414.8	1.7184	0.0248	413.7	1.7110	0.0231	412.7	1.7037	0.0216	411.6	1.6966	40
45	0.0274	420.0	1.7348	0.0255	419.0	1.7277	0.0238	418.0	1.7207	0.0223	417.0	1.7139	45
50	0.0281	425.1	1.7509	0.0262	424.2	1.7439	0.0245	423.3	1.7372	0.0229	422.4	1.7306	50
55	0.0288	430.2	1.7666	0.0269	429.4	1.7599	0.0251	428.6	1.7533	0.0236	427.7	1.7469	55
60	0.0295	435.4	1.7821	0.0275	434.6	1.7755	0.0258	433.8	1.7691	0.0242	433.0	1.7629	60
65	0.0302	440.5	1.7974	0.0282	439.7	1.7909	0.0264	439.0	1.7846	0.0248	438.2	1.7786	65
70	0.0308	445.6	1.8124	0.0288	444.9	1.8060	0.0270	444.2	1.7999	0.0254	443.5	1.7940	70
75	0.0315	450.7	1.8272	0.0294	450.1	1.8210	0.0276	449.4	1.8149	0.0259	448.7	1.8091	75
80	0.0321	455.9	1.8419	0.0300	455.2	1.8357	0.0282	454.6	1.8298	0.0265	454.0	1.8241	80
85	0.0328	461.0	1.8564	0.0306	460.4	1.8503	0.0287	459.8	1.8444	0.0271	459.2	1.8388	85
90	0.0334	466.2	1.8708	0.0312	465.6	1.8647	0.0293	465.0	1.8590	0.0276	464.5	1.8534	90
95	0.0340	471.4	1.8850	0.0318	470.9	1.8790	0.0299	470.3	1.8733	0.0281	469.7	1.8678	95
100	0.0346	476.6	1.8990	0.0324	476.1	1.8931	0.0304	475.6	1.8875	0.0287	475.0	1.8821	100
105	0.0352	481.9	1.9130	0.0330	481.4	1.9072	0.0310	480.8	1.9016	0.0292	480.3	1.8962	105
110	0.0358	487.1	1.9268	0.0335	486.6	1.9210	0.0315	486.2	1.9155	0.0297	485.7	1.9102	110
115	0.0364	492.4	1.9406	0.0341	492.0	1.9348	0.0321	491.5	1.9293	0.0302	491.0	1.9241	115
120	0.0370	497.8	1.9542	0.0347	497.3	1.9485	0.0326	496.8	1.9431	0.0308	496.4	1.9379	120
125	0.0376	503.1	1.9677	0.0352	502.7	1.9621	0.0331	502.2	1.9567	0.0313	501.8	1.9515	125
130	0.0381	508.5	1.9811	0.0358	508.1	1.9755	0.0336	507.6	1.9702	0.0318	507.2	1.9651	130
135	0.0387	513.9	1.9945	0.0363	513.5	1.9889	0.0342	513.1	1.9836	0.0323	512.7	1.9785	135
140	0.0393	519.3	2.0077	0.0369	518.9	2.0022	0.0347	518.5	1.9969	0.0328	518.1	1.9918	140
145	0.0399	524.8	2.0209	0.0374	524.4	2.0154	0.0352	524.0	2.0101	0.0332	523.7	2.0051	145
150	0.0404	530.3	2.0340	0.0379	529.9	2.0285	0.0357	529.6	2.0232	0.0337	529.2	2.0183	150
155	0.0410	535.8	2.0470	0.0385	535.5	2.0415	0.0362	535.1	2.0363	0.0342	534.8	2.0314	155
160	0.0415	541.4	2.0599	0.0390	541.1	2.0544	0.0367	540.7	2.0493	0.0347	540.4	2.0444	160
165	0.0421	547.0	2.0727	0.0395	546.7	2.0673	0.0372	546.3	2.0622	0.0352	546.0	2.0573	165
170	0.0427	552.6	2.0855	0.0400	552.3	2.0801	0.0377	552.0	2.0750	0.0357	551.7	2.0701	170
175	0.0432	558.3	2.0982	0.0406	558.0	2.0929	0.0382	557.7	2.0878	0.0361	557.3	2.0829	175

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	1000			1100			1200			1300			TEMP. °C
	(36.57°C)			(40.11°C)			(43.42°C)			(46.53°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0197)	(406.5)	(1.6771)	(0.0178)	(408.1)	(1.6761)	(0.0162)	(409.5)	(1.6751)	(0.0148)	(410.7)	(1.6741)	
40	0.0202	410.4	1.6896	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40
45	0.0209	416.0	1.7072	0.0184	413.7	1.6941	0.0164	411.4	1.6811	—	—	—	45
50	0.0215	421.4	1.7242	0.0191	419.4	1.7117	0.0170	417.3	1.6995	0.0153	415.0	1.6874	50
55	0.0221	426.8	1.7407	0.0197	424.9	1.7287	0.0176	423.0	1.7171	0.0158	420.9	1.7057	55
60	0.0227	432.1	1.7569	0.0203	430.4	1.7453	0.0182	428.6	1.7341	0.0164	426.7	1.7233	60
65	0.0233	437.4	1.7727	0.0208	435.8	1.7614	0.0187	434.2	1.7507	0.0169	432.4	1.7402	65
70	0.0239	442.7	1.7882	0.0214	441.2	1.7772	0.0192	439.7	1.7668	0.0174	438.0	1.7567	70
75	0.0245	448.0	1.8035	0.0219	446.6	1.7928	0.0197	445.1	1.7826	0.0179	443.6	1.7729	75
80	0.0250	453.3	1.8186	0.0224	451.9	1.8081	0.0202	450.6	1.7981	0.0184	449.1	1.7886	80
85	0.0255	458.6	1.8334	0.0229	457.3	1.8231	0.0207	456.0	1.8134	0.0188	454.7	1.8041	85
90	0.0261	463.9	1.8481	0.0234	462.7	1.8379	0.0212	461.4	1.8284	0.0193	460.1	1.8193	90
95	0.0266	469.2	1.8626	0.0239	468.0	1.8526	0.0216	466.8	1.8432	0.0197	465.6	1.8343	95
100	0.0271	474.5	1.8769	0.0244	473.4	1.8671	0.0221	472.3	1.8578	0.0202	471.1	1.8491	100
105	0.0276	479.8	1.8911	0.0248	478.8	1.8814	0.0225	477.7	1.8723	0.0206	476.6	1.8637	105
110	0.0281	485.2	1.9052	0.0253	484.1	1.8956	0.0230	483.1	1.8866	0.0210	482.1	1.8781	110
115	0.0286	490.5	1.9191	0.0258	489.6	1.9096	0.0234	488.6	1.9007	0.0214	487.6	1.8924	115
120	0.0291	495.9	1.9329	0.0262	495.0	1.9235	0.0238	494.0	1.9147	0.0218	493.1	1.9065	120
125	0.0296	501.3	1.9466	0.0267	500.4	1.9373	0.0242	499.5	1.9286	0.0222	498.6	1.9205	125
130	0.0301	506.8	1.9602	0.0271	505.9	1.9509	0.0247	505.0	1.9424	0.0226	504.2	1.9343	130
135	0.0305	512.3	1.9736	0.0276	511.4	1.9645	0.0251	510.6	1.9560	0.0230	509.7	1.9480	135
140	0.0310	517.7	1.9870	0.0280	516.9	1.9780	0.0255	516.1	1.9695	0.0234	515.3	1.9616	140
145	0.0315	523.3	2.0003	0.0284	522.5	1.9913	0.0259	521.7	1.9829	0.0237	520.9	1.9751	145
150	0.0319	528.8	2.0135	0.0289	528.1	2.0046	0.0263	527.3	1.9963	0.0241	526.5	1.9885	150
155	0.0324	534.4	2.0266	0.0293	533.7	2.0177	0.0267	532.9	2.0095	0.0245	532.2	2.0018	155
160	0.0329	540.0	2.0397	0.0297	539.3	2.0308	0.0271	538.6	2.0226	0.0249	537.9	2.0150	160
165	0.0333	545.7	2.0526	0.0301	545.0	2.0438	0.0275	544.3	2.0357	0.0252	543.6	2.0281	165
170	0.0338	551.3	2.0655	0.0306	550.7	2.0567	0.0279	550.0	2.0486	0.0256	549.3	2.0411	170
175	0.0342	557.0	2.0783	0.0310	556.4	2.0696	0.0283	555.7	2.0615	0.0260	555.1	2.0540	175



**Table 2 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Superheated Vapour—Constant Pressure Tables**

**V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg-K    (Saturation Properties in parentheses)**

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													TEMP. °C
TEMP. °C	1400			1500			1600			1700			
	(49.46°C)			(52.24°C)			(54.88°C)			(57.41°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
(0.0137)	(411.8)	(1.6731)	(0.0126)	(412.7)	(1.672)	(0.0117)	(413.6)	(1.6708)	(0.0109)	(414.3)	(1.6696)		
50	0.0137	412.5	1.6752	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50
55	0.0143	418.7	1.6944	0.0129	416.32	1.6830	0.0117	413.7	1.6713	—	—	—	55
60	0.0149	424.7	1.7126	0.0135	422.60	1.7020	0.0123	420.3	1.6913	0.0112	417.9	1.6804	60
65	0.0154	430.6	1.7301	0.0140	428.67	1.7200	0.0128	426.6	1.7101	0.0117	424.5	1.7001	65
70	0.0159	436.4	1.7470	0.0145	434.59	1.7374	0.0133	432.8	1.7280	0.0122	430.8	1.7186	70
75	0.0163	442.0	1.7634	0.0150	440.41	1.7543	0.0137	438.7	1.7453	0.0127	437.0	1.7364	75
80	0.0168	447.7	1.7795	0.0154	446.16	1.7707	0.0142	444.6	1.7620	0.0131	443.0	1.7536	80
85	0.0172	453.3	1.7952	0.0158	451.85	1.7867	0.0146	450.4	1.7783	0.0135	448.9	1.7702	85
90	0.0177	458.8	1.8107	0.0162	457.50	1.8023	0.0150	456.1	1.7943	0.0139	454.7	1.7864	90
95	0.0181	464.4	1.8259	0.0167	463.13	1.8177	0.0154	461.8	1.8099	0.0143	460.5	1.8022	95
100	0.0185	469.9	1.8408	0.0170	468.74	1.8328	0.0158	467.5	1.8252	0.0147	466.3	1.8178	100
105	0.0189	475.5	1.8556	0.0174	474.33	1.8478	0.0162	473.2	1.8403	0.0150	472.0	1.8330	105
110	0.0193	481.0	1.8701	0.0178	479.93	1.8625	0.0165	478.8	1.8551	0.0154	477.7	1.8480	110
115	0.0197	486.6	1.8845	0.0182	485.52	1.8770	0.0169	484.5	1.8697	0.0157	483.4	1.8628	115
120	0.0201	492.1	1.8987	0.0186	491.13	1.8913	0.0172	490.1	1.8842	0.0161	489.1	1.8774	120
125	0.0204	497.7	1.9128	0.0189	496.73	1.9055	0.0176	495.8	1.8985	0.0164	494.8	1.8918	125
130	0.0208	503.3	1.9267	0.0193	502.35	1.9195	0.0179	501.4	1.9126	0.0167	500.5	1.9060	130
135	0.0212	508.9	1.9405	0.0196	507.99	1.9334	0.0182	507.1	1.9266	0.0170	506.2	1.9201	135
140	0.0215	514.5	1.9542	0.0200	513.64	1.9472	0.0186	512.8	1.9404	0.0174	511.9	1.9340	140
145	0.0219	520.1	1.9678	0.0203	519.31	1.9608	0.0189	518.5	1.9542	0.0177	517.7	1.9478	145
150	0.0223	525.8	1.9812	0.0206	525.00	1.9743	0.0192	524.2	1.9678	0.0180	523.4	1.9615	150
155	0.0226	531.5	1.9946	0.0210	530.71	1.9877	0.0195	530.0	1.9812	0.0183	529.2	1.9750	155
160	0.0230	537.2	2.0078	0.0213	536.44	2.0010	0.0199	535.7	1.9946	0.0186	535.0	1.9885	160
165	0.0233	542.9	2.0210	0.0216	542.19	2.0142	0.0202	541.5	2.0079	0.0189	540.8	2.0018	165
170	0.0236	548.7	2.0340	0.0220	547.97	2.0274	0.0205	547.3	2.0210	0.0192	546.6	2.0150	170
175	0.0240	554.4	2.0470	0.0223	553.78	2.0404	0.0208	553.1	2.0341	0.0195	552.5	2.0281	175

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													TEMP. °C
TEMP. °C	1800			1900			2000			2200			
	(59.82°C)			(62.13°C)			(64.35°C)			(68.55°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
(0.0102)	(414.9)	(1.6682)	(0.0095)	(415.4)	(1.6668)	(0.0089)	(415.8)	(1.6653)	(0.0079)	(416.4)	(1.662)		
60	0.0102	415.2	1.6690	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60
65	0.0108	422.2	1.6899	—	—	—	—	—	—	—	—	—	65
70	0.0112	428.8	1.7092	0.0104	426.55	1.6997	0.0095	424.2	1.6899	0.0081	418.8	1.6690	70
75	0.0117	435.1	1.7276	0.0108	433.14	1.7187	0.0100	431.1	1.7098	0.0086	426.5	1.6913	75
80	0.0121	441.3	1.7452	0.0113	439.49	1.7369	0.0105	437.6	1.7285	0.0090	433.6	1.7116	80
85	0.0125	447.3	1.7622	0.0117	445.68	1.7543	0.0109	444.0	1.7464	0.0095	440.4	1.7307	85
90	0.0129	453.3	1.7787	0.0120	451.76	1.7711	0.0112	450.2	1.7636	0.0098	446.9	1.7488	90
95	0.0133	459.2	1.7948	0.0124	457.75	1.7875	0.0116	456.3	1.7803	0.0102	453.3	1.7662	95
100	0.0137	465.0	1.8105	0.0128	463.68	1.8035	0.0120	462.3	1.7966	0.0105	459.5	1.7830	100
105	0.0140	470.8	1.8260	0.0131	469.56	1.8191	0.0123	468.3	1.8124	0.0109	465.7	1.7994	105
110	0.0144	476.6	1.8412	0.0134	475.40	1.8345	0.0126	474.2	1.8280	0.0112	471.8	1.8154	110
115	0.0147	482.3	1.8561	0.0138	481.22	1.8496	0.0129	480.1	1.8433	0.0115	477.8	1.8310	115
120	0.0150	488.1	1.8708	0.0141	487.03	1.8644	0.0132	486.0	1.8583	0.0118	483.8	1.8463	120
125	0.0153	493.8	1.8853	0.0144	492.82	1.8791	0.0135	491.8	1.8730	0.0121	489.7	1.8614	125
130	0.0157	499.6	1.8997	0.0147	498.61	1.8935	0.0138	497.6	1.8876	0.0124	495.7	1.8762	130
135	0.0160	505.3	1.9139	0.0150	504.40	1.9078	0.0141	503.5	1.9020	0.0126	501.6	1.8908	135
140	0.0163	511.1	1.9279	0.0153	510.20	1.9219	0.0144	509.3	1.9162	0.0129	507.5	1.9052	140
145	0.0166	516.8	1.9417	0.0156	516.00	1.9359	0.0147	515.2	1.9302	0.0132	513.4	1.9195	145
150	0.0169	522.6	1.9555	0.0159	521.81	1.9497	0.0150	521.0	1.9441	0.0134	519.3	1.9335	150
155	0.0172	528.4	1.9691	0.0161	527.64	1.9634	0.0152	526.9	1.9579	0.0137	525.3	1.9475	155
160	0.0174	534.2	1.9826	0.0164	533.48	1.9770	0.0155	532.7	1.9715	0.0139	531.2	1.9612	160
165	0.0177	540.1	1.9960	0.0167	539.34	1.9904	0.0158	538.6	1.9850	0.0142	537.1	1.9749	165
170	0.0180	545.9	2.0093	0.0170	545.21	2.0037	0.0160	544.5	1.9984	0.0144	543.1	1.9884	170
175	0.0183	551.8	2.0224	0.0172	551.11	2.0170	0.0163	550.4	2.0117	0.0147	549.1	2.0018	175

**Table 2 (continued)**  
**DuPont™ ISCEON® MO49 (R-413A) Superheated Vapour—Constant Pressure Tables**

V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg·K    (Saturation Properties in parentheses)

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	2400			2600			2800			3000			TEMP. °C
	(72.46°C)			(76.12°C)			(79.57°C)			(82.81°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0070)	(416.5)	(1.6581)	(0.0063)	(416.3)	(1.6536)	(0.0056)	(415.6)	(1.6483)	(0.0050)	(414.5)	(1.642)	
80	0.0078	429.0	1.6939	0.0067	423.6	1.6744	0.0057	416.6	1.6511	—	—	—	80
85	0.0083	436.4	1.7146	0.0072	431.9	1.6976	0.0062	426.5	1.6790	—	—	—	85
90	0.0086	443.4	1.7339	0.0076	439.4	1.7186	0.0067	435.0	1.7024	0.0058	429.8	1.6848	90
95	0.0090	450.1	1.7522	0.0080	446.5	1.7381	0.0071	442.7	1.7235	0.0063	438.4	1.7082	95
100	0.0094	456.6	1.7697	0.0083	453.4	1.7565	0.0074	449.9	1.7431	0.0066	446.2	1.7293	100
105	0.0097	462.9	1.7867	0.0086	460.0	1.7741	0.0078	456.9	1.7616	0.0070	453.6	1.7489	105
110	0.0100	469.2	1.8032	0.0090	466.5	1.7912	0.0081	463.6	1.7793	0.0073	460.6	1.7674	110
115	0.0103	475.4	1.8192	0.0092	472.9	1.8077	0.0084	470.2	1.7964	0.0076	467.5	1.7852	115
120	0.0106	481.5	1.8349	0.0095	479.1	1.8238	0.0086	476.7	1.8129	0.0078	474.1	1.8022	120
125	0.0108	487.6	1.8503	0.0098	485.4	1.8395	0.0089	483.1	1.8291	0.0081	480.7	1.8188	125
130	0.0111	493.6	1.8654	0.0101	491.5	1.8549	0.0091	489.4	1.8448	0.0084	487.1	1.8349	130
135	0.0114	499.7	1.8802	0.0103	497.7	1.8700	0.0094	495.6	1.8602	0.0086	493.5	1.8506	135
140	0.0116	505.7	1.8948	0.0106	503.8	1.8849	0.0096	501.8	1.8753	0.0088	499.8	1.8661	140
145	0.0119	511.7	1.9093	0.0108	509.9	1.8996	0.0099	508.0	1.8902	0.0091	506.1	1.8812	145
150	0.0121	517.7	1.9235	0.0110	515.9	1.9140	0.0101	514.2	1.9048	0.0093	512.4	1.8960	150
155	0.0124	523.7	1.9376	0.0113	522.0	1.9282	0.0103	520.3	1.9193	0.0095	518.6	1.9107	155
160	0.0126	529.6	1.9515	0.0115	528.1	1.9423	0.0105	526.5	1.9335	0.0097	524.8	1.9251	160
165	0.0128	535.6	1.9653	0.0117	534.1	1.9562	0.0107	532.6	1.9476	0.0099	531.0	1.9393	165
170	0.0131	541.7	1.9789	0.0119	540.2	1.9700	0.0110	538.7	1.9615	0.0101	537.2	1.9534	170
175	0.0133	547.7	1.9924	0.0121	546.3	1.9836	0.0112	544.8	1.9753	0.0103	543.4	1.9672	175

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	3200			3400									TEMP. °C
	(85.88°C)			(88.78°C)						()			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0033)	(395.0)	(1.5668)	(0.0039)	(386.6)	(1.5524)				()	()	()	
95	0.0035	395.0	1.5767	—	—	—							95
100	0.0042	407.5	1.6105	0.0034	399.7	1.5876							100
105	0.0046	416.7	1.6350	0.0040	411.5	1.6189							105
110	0.0049	424.7	1.6560	0.0044	420.5	1.6427							110
115	0.0052	432.0	1.6751	0.0047	428.5	1.6635							115
120	0.0055	439.0	1.6929	0.0050	435.9	1.6824							120
125	0.0057	445.7	1.7098	0.0052	442.9	1.7001							125
130	0.0060	452.2	1.7259	0.0055	449.6	1.7169							130
135	0.0062	458.5	1.7415	0.0057	456.2	1.7330							135
140	0.0064	464.7	1.7567	0.0059	462.6	1.7485							140
145	0.0066	470.8	1.7714	0.0061	468.8	1.7636							145
150	0.0068	476.9	1.7858	0.0063	475.0	1.7783							150
155	0.0070	482.9	1.8000	0.0065	481.1	1.7927							155
160	0.0072	488.9	1.8138	0.0066	487.2	1.8068							160
165	0.0073	494.8	1.8274	0.0068	493.2	1.8206							165
170	0.0075	500.7	1.8409	0.0070	499.2	1.8342							170
175	0.0077	506.6	1.8541	0.0071	505.2	1.8476							175
180	0.0079	512.5	1.8671	0.0073	511.1	1.8607							180
185	0.0080	518.4	1.8800	0.0075	517.0	1.8738							185

