

# SÚHRN ÚDAJOV O CHLADIVÁCH

## Refrigerant Data Summary

**James M. Calm**, *Engineering Consultant, e-mail jmc@JamesMCalm.com*

**Glenn C. Hourahan**, *Air-Conditioning Contractors of America, email Glenn.Hourahan@acca.org*

*Originál prevzatý z Engineered Systems, 18(11):74-88, November 2001, USA.*

*Copyright 2001 od James M. Calm, reprodukované len s povolením.*

*Preložil Ing. Peter Tomlein, CSc.*

*Tento článok sumarizuje kľúčové fyzikálne, bezpečnostné a enviromentálne údaje pre bežné a očakávané chladivá. Zahŕňa posledné enviromentálne údaje z medzinárodných vedeckých posudzovaní poškodzovania ozónovej vrstvy Zeme a globálnych klimatických zmien.*

Výrobcovia predávajú viac ako 50 nových chladív (*vrátane zmesí*) v posledne desiatich rokoch a skúšajú ďalšie alternatívy. Používatelia by mali očakávať ďalšie alternatívy s blížiacim sa vylúčením chladiva R22, ktoré je v súčasnosti najrozšírenejším. Podobná záplava servisných chladív sa objavila po vylúčení chladiva R12 a R502, ktoré boli najviac používané do roku 1990.

Tento článok poskytuje dve tabuľky, ktoré sumarizujú vybrané fyzikálne, bezpečnostné a enviromentálne údaje. Tieto údaje sú v oboch tabuľkách rovnaké, ale prezentované sú rôznym spôsobom.

- *Tabuľka 1 je triedená podľa štandardného značenia chladív. Tabuľka 2 je triedená podľa normálneho bodu varu chladív. Tabuľka 1 urýchljuje hľadanie vlastností určitého chladiva.*
- *Tabuľka 2 reorganizuje chladivá tak, aby umožnila hrubé porovnanie kandidátskych chladív pre podobné aplikácie k uľahčeniu vzájomného porovnania a výberu.*

Údaje v týchto tabuľkách boli vzaté z ARTI databázy chladív - informačného systému pre alternatívne chladivá s vhodnými olejmi a ich použitia v chladiení a klimatizácii. Databáza uľahčuje prístup k vlastnostiam, kompatibilitě, bezpečnosti, aplikáciám a iným údajom. Tiež poskytuje rozsiahly bibliografický referenčný systém.

### **Tabuľky údajov o chladivách**

Nasledujúci popis parametrov je v tom istom poradí ako v tabuľkách, to znamená zľava doprava.

### **Identifikácia chladív.**

Je založená na odporúčaných označeniach normou ANSI/ASHRAE 34-1997: "*Značenie a bezpečnostná klasifikácia chladív a tomu zodpovedajúca agenda*". Toto známe značenie chladív je používané takmer univerzálne zvyčajne s predsunutým písmenom "R" s pomlčkou alebo bez, čo je prvé písmeno od slova "Refrigerant" (*chladivo*). Alternatívne sa používa chemické označenie druhu chladiva ako napríklad CFC, HCFC, HFC alebo HC, prípadne obchodné názvy.

Chemické vzorce indikujú molekulové zloženie jednozložkových chladív. Zmesi chladív sú popísané dvomi časťami. V prvej názvami jednozložkových chladív (*oddelených lomítkami*) obsiahnutých v zmesi a v druhej časti uzavretej zátvorkami ich podielmi v percentách v zmesi v tom istom poradí takými, aby sa dosiahli požadované vlastnosti zmesi. Uvedené sú tiež bežné mená, ktorými sú chladivá zvyčajne identifikované.

## Fyzikálne vlastnosti

- Molekulová hmotnosť:

je vypočítaná z atómových hmotností uvádzaných Medzinárodnou Úniou pre čisté a aplikované chemikálie (IUPAC). Uvedená je hmotnosť v gramoch na mól chladiva, alebo pre zmesi, vážený pomer hmotnosti mólov podľa ich podielu v zmesi.

- Normálny bod varu (*NBP*):

je teplota, pri ktorej tekuté chladivo vri pri atmosférickom tlaku konkrétne 101,325 kPa. Normálny bod varu a väčšina ostatných parametrov je v tabuľke uvedená v metrickej sústave SI ako aj palcovej IP. Teplota bodu varu pri atmosférickom tlaku, pri ktorej sa prvé bubliny objavujú, ohraňuje teplotu, pri ktorej var začína pre zmesi. Zmesi obsahujú chladivá, ktoré vrú pri rôznych teplotách pri danom tlaku, čo je príčinou teplotného sklzu, rozdielu medzi počiatočným a konečným bodom varu - rosným bodom, pri ktorom by nastala kondenzácia, ak by sa zmes začala chladieť pri danom tlaku.

- Kritická teplota " $T_c$ ":

je teplota v kritickom bode chladiva, v ktorom vlastnosti tekutej a parnej fázy chladiva sú identické. Pokiaľ je " $T_c$ " určená pre zmesi, niekedy označovaná ako pseudo-kritická teplota, je to vážený priemer. Podobne je to s kritickým tlakom " $p_c$ ".

Normálny bod varu a kritické vlastnosti obmedzujú rozsah použitia pre jednotlivé chladivá. Tie s extrémne nízkym bodom varu sa používajú na ultranízke teploty chladenia napríklad kryogenické aplikácie. Chladivá s vysokým bodom teploty varu sa používajú vysokoteplotné aplikácie pre chladiče vody, tepelné čerpadlá a podobne. Výkon i efektívnosť klesajú ak sa kondenzačná teplota blíži k  $T_c$  v typickom najčastejšie používanom Rankinovom cykle.

Kritický tlak  $P_c$  je prekročený len v transkritických procesoch, ktoré však nie sú bežné, okrem použitia R744 (*oxid uhličitý*). Kondenzácia v bežných chladiaciach okruhoch prebieha pri 70-90 percent z  $T_c$  (v *absolútnej hodnote*) a tomu zodpovedá i podiel z  $P_c$ .

## Bezpečnostné údaje

Prvá hodnota je pobytový expozičný limit - časovo vážený priemer (TLV-TWA). Je to indikácia chronickej toxicity chladiva na človeka pri dlhodobej alebo opakovanej expozícii. Dovolené expozičné úrovne a doby pobytu človeka v priestore s obsahom chladiva sú určované vo viacerých krajinách pod rôznymi názvami (*WEEL - Workplace Enviromental Exposure Level*, *PEL - Permissible Exposure Level*, *AEL - Acceptable Exposure Limit*, *IEL - Industrial Exposure Limit*, *OEL - Occupational Exposure Limit*). Sú to všetko limity na pobyt človeka na pracovisku počas pracovných dní a týždňov.

Spodná hranica horľavosti (*LFL-Lower Flammability Limit*) je najnižšia koncentrácia, pri ktorej chladivo horí vo vzduchu pri daných testových podmienkach. Je to indikácia horľavosti.

Teploto uvoľnenia (*HOC - Heat of Combustion*) je indikátorom množstva energie uvoľnenej pri horení chladiva vo vzduchu, predpokladajúc úplnú reakciu horenia v parnej fáze chladiva. Záporné hodnoty znamenajú endotermickú reakciu (*teplo k horeniu treba dodať*). Kladné hodnoty znamenajú exotermickú reakciu (*teplo sa pri horení chladiva uvoľňuje*).

ASHRAE norma 34 o bezpečnostných skupinách, je klasifikáciou chladív založenou na hodnotách TLV-TWA, LFL a HOC. Skupiny zahŕňajú písmená A a B, ktoré označujú toxicitu chladiva, nasledované číslicami 1,2,3, ktoré indikujú horľavosť. Táto klasifikácia je

všeobecne používaná k určení požiadaviek k zabezpečeniu bezpečného používania chladiva. Väčšina z kódov uvedených v tabuľke je založená na ASHRAE norme 15:

"Bezpečnostné kódy pre mechanické chladenie".

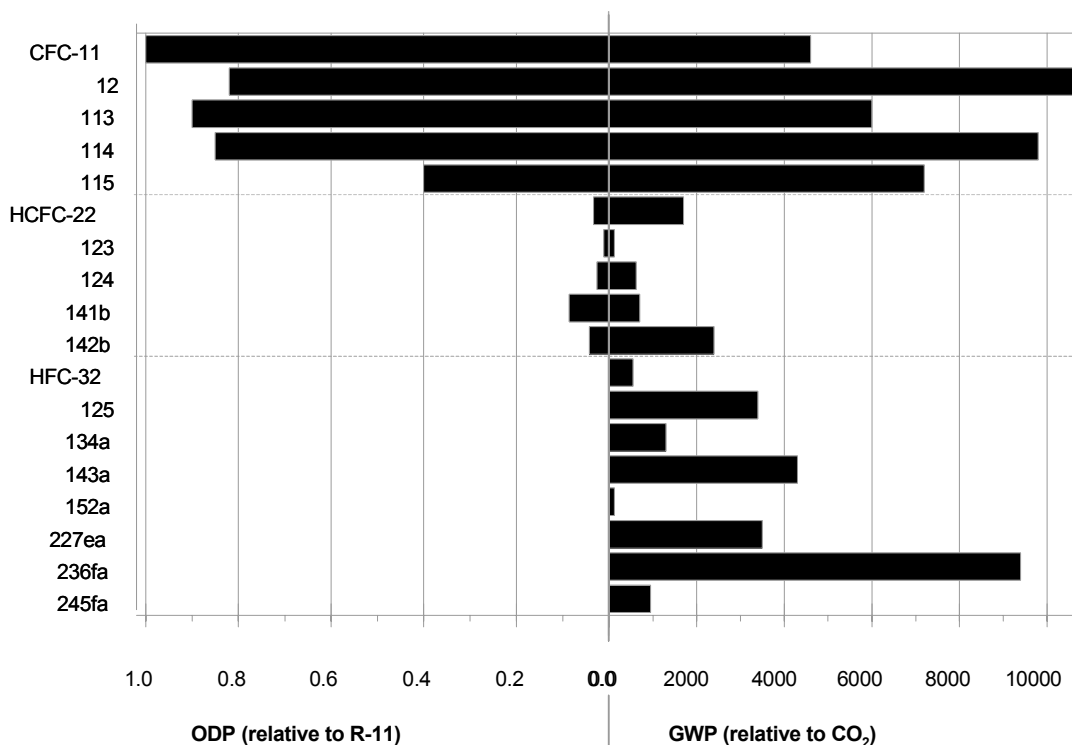
Niektoré klasifikácie, kódy sú označené indexom "r" alebo "d", čo znamená, že sa očakáva revízia, ktorá zatiaľ nebola realizovaná.

Zmesi boli v minulosti značené dvojitou klasifikáciou ako napríklad A1/A2, na indikáciu bezpečnostnej skupiny pre štandardnú zmes a pre prípad najhoršej frakcionácie. Táto prax sa zmenila na označenie bezpečnostnou skupinou označujúcou prípad najhoršej frakcionácie pri špecifických scénaroch pri úniku a plnení chladiva.

### Enviromentálne údaje

Životnosť v atmosfére ( $T_{atm}$ ) je indikáciou priemerného zotrvania uvoľneného chladiva v atmosfére do jeho rozpadu, reakcie s inými chemikáliami apod.  $T_{atm}$  patrí síce k doplňujúcim enviromentálnym údajom, ale je to významný údaj. Charakterizuje vytrvanie v atmosfére a tým potenciál k akumulácii uvoľnených chladív v atmosfére. Dlhá životnosť v atmosfére znamená predpoklad pre pomalú regeneráciu atmosféry z enviromentálnych problémov. To sa môže negatívne prejaviť v budúcnosti.

Hodnoty v tabuľkách sú životnosti chladiva v atmosfére. Životnosti chladiva by mohli byť separátne uvedené pre troposféru (*vrstva, v ktorej kde žijeme*) stratosféru, kde dochádza k poškodzovaniu ozónovej vrstvy. Potenciál poškodzovania ozónu (ODP) je normalizovaný údaj založený na hodnote 1 pre chladivo R11, ku ktorému sa porovnávajú potenciály iných chladív rozkladať stratosférické molekuly ozónu. Uvedené údaje ODP sú prijaté medzinárodným vedeckým posúdením. ODP údaje pre zmesi sú váženým hmotnostným priemerom.



© JMC-Jun2001

Obrázok 1 Potenciál poškodzovania ozónovej vrstvy Zeme (ODP) a potenciál skleníkového efektu (GWP) pre rozhodujúce chladivá.

*CFCs majú všeobecne vyšší ODP a GWP. HCFCs majú nižší ODP a GWP. HFCs ponúkajú nulový ODP, ale niektoré majú vysoký GWPs.*

ODP hodnoty v tabuľkách sú modelované na ich najväčší enviromentálny dosah. Je niekoľko iných tzv. poloempirických, časovo závislých a určených hodnôt pre regulácie spotreby podľa medzinárodných dohôd.

Poloempirické ODP hodnoty sú vypočítané hodnoty, ktoré zahŕňajú výsledky z atmosférických meraní. Tento prístup by mohol byť presnejší, ale je ťažké merať presne údaje potrebné pre reprezentatívne korekcie vypočítaných hodnôt.

Časovo závislé ODP hodnoty používajú iné referenčné. Normalizované hodnoty porovnané k chemikáliám s krátkou atmosférickou životnosťou, zvýrazňujú krátkodobý vplyv, ale na druhej strane znevýrazňujú dlhodobý vplyv. Časovo závislé hodnoty nie sú už veľmi uvádzané, pretože uvoľnené ODP látky už dosiahli v atmosfére vrchol a cesta obnovenia stratosférickej ozónovej vrstvy sa už začala.

ODP údaje pre reguláciu spotreby sú staré údaje v zhode s Montrealským protokolom, podľa ktorých boli určované výrobné quoty pre národné regulácie. Z dôvodov politických pri sledovaní zmien na trhu, boli tieto hodnoty ponechané nezmenené, hoci vedecké pozorovania zlepšili presnosť ich určenia.

ODP hodnoty v Montrealskom protokole neboli pre CFC látky menené od roku 1987 a pre HCFC látky od roku 1992. Poznámka v protokole, že tieto hodnoty sú odhadované a založené na danom stave znalostí a preto budú periodicky upravované, ostala zatiaľ nenaplnená.

Vplyv na oteplenie Zeme (*GWP*) je indikátor potenciálu chladív uvoľnených do atmosféry ohrievať planétu Zem ako skleníkové plyny. Uvedené hodnoty sú porovnané k účinkom oxidu uhličitého pre periódu 100 rokov, kde  $GWP_{CO_2} = 1$ . *GWP* zmesi je hmotnostný vážený priemer z jej zložiek.

*GWP* hodnoty môžu byť vypočítané pre akúkoľvek periódu. Bežne sú vzťahované k integrovanému časovému horizontu (*ITH*). Krátky časový horizont (*ITH*) zvýrazňuje okamžité účinky, ale prehliada dlhodobé. Dlhý *ITH* zahŕňa aj neskoršie vplyvy. Nabežnejšie *GWP* hodnoty, vrátane tých uvedených v tabuľkách sú pre  $ITH = 100$  rokov.

Variant *GWP* hodnôt zahŕňa vplyv na chladenie Zeme, vyplývajúce z poškodenia ozónovej vrstvy, keďže ozón je tiež skleníkový plyn. Táto idea čistého *GWP* je presnejšia, ale nie je používaná pretože je ťažko kvantifikovateľná s bežným porozumením.

ODP i *GWP* hodnoty sú vypočítané z  $T_{atm}$ , meraných chemických vlastností a ďalších atmosférických údajov.  $T_{atm}$ , ODP a *GWP* by mali tak nízke, ako sa to len dá, pri ideálnom chladive. Tieto ciele však musia byť posudzované spoločne s kritériami na výkon, bezpečnosť a chemickú i termickú stabilitu.

### **Nové enviromentálne údaje**

$T_{atm}$ , ODP a *GWP* hodnoty sa menia, tak ako sa menia vedomosti vo vede o atmosfére a chemická kinetika je lepšie poznaná. Menia sa tiež, keď novšie merania sú robené pre referenčné i nové chemikálie a modelovanie atmosférickej chémie sa zlepšuje. Tieto faktory viedli k periodickým zmenám v konsenze pri pravidelnom posudzovaní vedeckou komunitou.

$T_{\text{atm}}$ , ODP a GWP hodnoty uvedené v tabuľke 1 a 2 odrážajú údaje z posledného vedeckého posúdenia poškodenia ozónovej vrstvy a klimatických zmien, publikovaného vo februári 1999 a v júni 2001. Tabuľky zahŕňajú údaje z vybraných vedeckých publikácií pre chladivá, neuvedených v týchto posúdeniach. Údaje uvedené pre zmesi sú vypočítané z údajov pre jednotlivé zložky.

Dôvodom pre rozlišovanie druhov enviromentálnych údajov je ich presnosť. Niektorí výrobcovia a autori zaokrúhľujú údaje a propagujú tak chyby, keď zaokrúhlené hodnoty sa používajú pre zmiešané výpočty.

## Záver

Databáza, z ktorej údaje v tabuľkách 1 a 2 sú použité je výsledkom HVACR výskumu pre 21. storočie, výskumného programu Výskumného ústavu pre klimatizačné a chladiace technológie (ARTI) v USA. Tento článok obnovuje predchádzajúcu verziu oboch autorov z roku 1999.

© 2001, James M. Calm, Engineering Consultant

## REFERENCES

- 1) J. M. Calm, *ARTI Refrigerant Database*, Air-Conditioning and Refrigeration Technology Institute (ARTI), Arlington, VA, USA, release 34, July 2001.
- 2) J. M. Calm, "Property, Safety, and Environmental Data for Alternative Refrigerants," *Proceedings of the Earth Technologies Forum* (Washington, DC, USA, 26-28 October 1998), Alliance for Responsible Atmospheric Policy, Arlington, VA, USA, 192-205, October 1998.
- 3) *Designation and Safety Classification of Refrigerants*, ANSI/ASHRAE Standard 34-1997, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, 1997.  
*Addenda to Designation and Safety Classifications (sic) of Refrigerants*, ANSI/ASHRAE Addenda 34a-34f, 34h, 34j-34l, and 34o-34p to ANSI/ASHRAE 34-1997), ASHRAE, Atlanta, GA, USA, 2000
- 4) R. D. Vocke, Jr., for the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) Commission on Atomic Weights and Isotopic Abundances, "Atomic Weights of the Elements 1997," *Pure and Applied Chemistry*, 71(8):1593-1607 and errata 71(9):1809, 1999.
- 5) J. M. Calm, and D. A. Didion, "Trade-Offs in Refrigerant Selections — Past, Present, and Future," *Refrigerants for the 21st Century* (proceedings of the ASHRAE/NIST Conference, Gaithersburg, MD, October 1997), ASHRAE, Atlanta, GA, USA, 1997; *International Journal of Refrigeration* (IJR), 21(4):308-321, June 1998.
- 6) UNEP, *Handbook for the International Treaties for the Protection of the Ozone Layer (Fifth Edition)*, UNEP Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya, 2000.
- 7) WMO, *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998*, report 44, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project, Geneva, Switzerland; UNEP, Nairobi, Kenya; NOAA, Washington, DC, USA; NASA, Washington, DC, USA; and the European Commission, Directorate General XII – Science, Research and Development, Brussels, Belgium; February 1999.

- 8) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, of the WMO and UNEP), “Climate Change 2001: The Scientific Basis — Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report,” Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001.
- 

*Calm*

*is an internationally-recognized engineering consultant located in Great Falls, VA, USA. He specializes in heating, air-conditioning, and refrigerating systems; much of his work involves the application and safety of alternative refrigerants. He has published studies on refrigerant safety and on the environmental impacts of refrigerant releases in leading scientific and engineering journals. He is an ASHRAE Fellow and recipient of its Distinguished Service Award.*

*Hourahan*

*is Director of Technology of the Air-Conditioning and Refrigeration Institute (ARI) and Vice President of the Air-Conditioning and Refrigeration Technology Institute (ARTI), for which he heads the 21-CR research initiative. He also is a recipient of the ASHRAE Distinguished Service Award. Contact them by e-mail at [jmc@JamesMCalm.com](mailto:jmc@JamesMCalm.com) and [Hourahan@ari.org](mailto:Hourahan@ari.org).*

© 2001, James M. Calm, Engineering Consultant