

AMONIAK

Prírodné chladivo

Slovenského zväzu pre chladiacu a klimatizačnú techniku
Zväz je členom CO CHKT, SOPK, SPPK, ZSVTS, AREA, EHPA



Január

2017

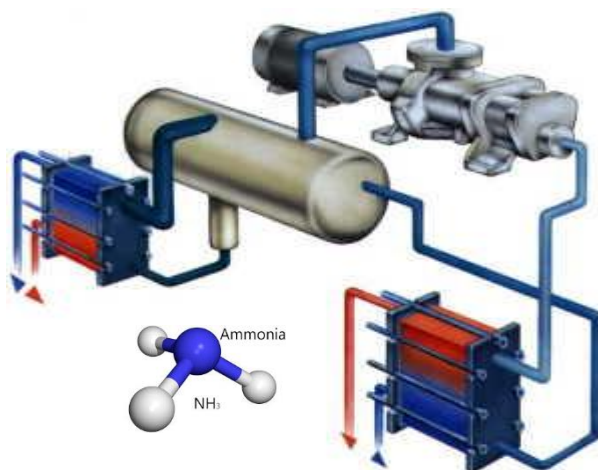
Cyklus vzdelávania

o chladivách podľa Nar. 2015/2067/EÚ a STN EN 378 1-4, 13313

*Učebné texty na alternatívne chladivá s nízkym skleníkovým efektom
v existujúcich a nových zariadeniach
bezpečnosť, efektívnosť, spoľahlivosť a tesnosť*

Učebné texty

iTest



školenie

www.szchkt.org

www.szchkt.org – e-learning, učebné texty a itest na chladivá s nízkym GWP
www.realalternatives.eu – eu program pre celoživotné vzdelávanie

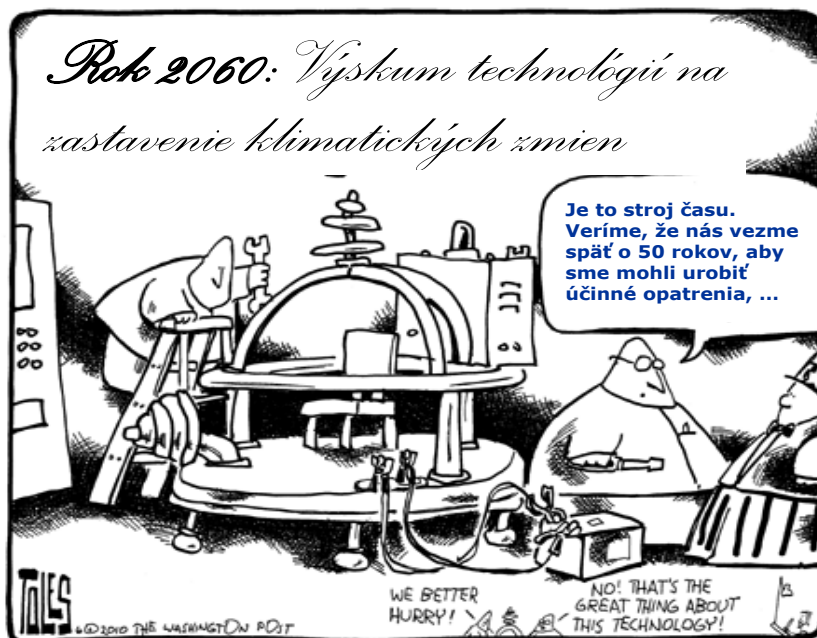
Z OBSAHU

1. Predstavenie amoniaku – správna prevádzková prax
2. Základné výpočty chladiaceho okruhu
3. Viacstupňové a kaskádne okruhy
4. Priame a nepriame systémy
5. Základné znalosti podľa normy na údržba a opravy systémov s amoniakom
6. Riziká a povinnosti pri prevádzke a servise s amoniakom
7. Bezpečnosť a ochrana zdravia
8. Preprava a podmienky ADR
9. Rizikový manažment

Alternatívne chladivá s nízkym GWP

Amoniak

Prírodné chladivo



AUTORI A RECENZENTI ZAPOJENÍ DO PRÍPRAVY PRÍRUČKY IIR O AMONIAKU

Ing. Ľubomír Maník autor, riaditeľ MRAZ-TECH SLOVAKIA, s.r.o., Tulčák
Doc. Ing. Peter Tomlein, CSc. tajomník, vydavateľ SZ CHKT Rovinka

SPOLUAUTORI A RECENZENTI

Ing. Peter Mlynár, PhD., STU SjF ÚTE Bratislava
Jozef Monček, riaditeľ MK – Commercial, s.r.o., Lednické Rovné

Vydal: SZ CHKT Rovinka nadväzne učebné texty: „Tesnosť a efektívnosť chladiacich okruhových, 2010“, „Správna prevádzková prax, 2015“ a „Chladivá s nízkym GWP“ pre potreby vzdelávania podľa Nar. 2015/2067

Lektori vzdelávania

Ing. Ľubomír Maník, Doc. Ing. Peter Tomlein, Ph.D., Ing. Milan Ondrejmiška, Ladislav Nagy, Marek Baxa, Jaroslav Zöldfay, Jozef Monček, Ing. Juraj Švingál

Vydal:

SZ CHKT Rovinka ako učebné texty pre potreby členov Zväzu bez jazykovej a lektorskej úpravy

Vydanie: Prvé, pre potreby členov Zväzu a ku pripomienkovaniu

ISBN:

EAN:

Počet strán:

Počet kusov: www.szchkt.org

Rok vydania: Január 2017



Obsah	
Predhovor	10
Úvod.....	11
Prehľad základných označení	12
Úvod do strojného chladenia s amoniakom	14
1. Základy termodynamického obehu	17
2. Skutočný chladiaci obeh – popis v ln p-h diagrame.....	22
Popis tepelného p – h diagramu.....	23
Krivky rovnakej teploty [t]	24
Krivky rovnakého merného podielu pary [x]	25
Krivky rovnakej entropie [s].....	25
Krivky rovnakého merného objemu	26
3. Základné priebehy parného obehu	27
Vyparovanie.....	27
Objemová chladivosť	28
Stav pár v saní kompresora	28
Kompresia	29
Kondenzácia.....	29
Redukcia tlaku.....	30
Podchladzovanie.....	31
Podchladzovanie vodou.....	32
Podchladzovanie parami chladiva	33
Podchladzovanie vriacou kvapalinou	33
4. Teória parného obehu v ln p-h diagrame	34
Podchladienie kvapalného chladiva	36
Viacstupňové zapojenia.....	39
5. Základné výpočty chladiacich okruhov	42
Príklady výpočtov chladiaceho okruhu.....	42
Jednostupňové okruhy	44
Jednostupňový okruh bez ochladzovača	44
Príklad č. 0.....	45
Jednostupňový okruh s dochladzovačom.....	45
Príklad č. 1.....	46
Príklad č. 2.....	50
Príklad č. 3.....	52
Zvláštne spôsoby zapojenia	54
Jednostupňový okruh s dvoma rôznymi vyparovacími teplotami.....	54
Príklad č. 4.....	55
Jednostupňový okruh určený k dosiahnutiu nízkej vyparovacej teploty.....	58
6. Prepočet chladiaceho výkonu na iné prevádzkové pomery	58

Príklad č. 5.....	59
7. Dvojstupňové zapojenia	61
Všeobecne	61
Rozdelenie kompresie, stredný tlak	61
Ochladzovanie pár medzi stupňami	62
Zmiešavaním so sýtymi parami.....	63
Dvojstupňové okruhy – schéma zapojenia	63
Dvojstupňový okruh s priechodjou stredotlakou nádobou	63
Okruh s chladiacou povinnosťou v dvoch stupňoch.....	64
Príklad č. 7.....	65
Príklad č. 8.....	69
Dvojstupňový okruh s nepriechodjou stredotlakou nádobou	73
Okruh s chladiacou povinnosťou v jednom stupni:	73
Okruh s chladiacou povinnosťou v dvoch stupňoch:.....	74
Príklad č. 9.....	75
Dvojstupňový okruh s odlučovačom pár	77
Okruh s chladiacou povinnosťou v jednom stupni	78
Okruh s chladiacou povinnosťou v dvoch stupňoch.....	79
8. Viacstupňové a kaskádne okruhy	80
Príklad č. 10	80
Príklad č. 11	83
Kaskádne okruhy	86
9. Okruhy s recirkuláciou chladiva	88
10. Teória absorpčného obehu.....	89
Jednostupňový absorpčný obeh	94
Dvojstupňový absorpčný obeh	96
Teória difúzneho absorpčného obehu.....	97
11. Teória prúdového obehu a iné spôsoby chladenia.....	99
Plynové obehy	100
Ericssonov obeh.....	100
Stirlingov obeh.....	100
Vírová trubica	100
Termoelektrické chladenie	100
Chladenie pomocou magnetokalorického javu	101
12. Používateľská príručka k programu R717	102
Tabuľky	102
Základný obrázok.....	103
Jednostupňové zariadenie.....	104
Dvojstupňové zariadenie	105
Nastavenia a ovládanie programu.....	106

Výpočet kriviek	107
Ovládanie grafu	109
Teória pochodov v ideálnom a skutočnom piestovom kompresore	110
Skutočný kompresor sa od ideálneho odlišuje týmito vplyvmi:.....	111
Vplyv škodlivého priestoru	112
13. Bezpečnosť pri práci s amoniakom	119
Pôsobenie amoniaku na ľudský organizmus	119
Všeobecná charakteristika amoniaku – Karta bezpečnostných údajov amoniaku	119
Amoniak ako najrozšírenejšie chladivo	120
Základné údaje o amoniaku.....	120
Prepočet ppm na gramy [17]	122
Výpočet medze straty kyslíka	122
ODL pri HFC chladivách.....	123
Súhrn prepočtu ppm na gramy	124
14. Vybrané vlastnosti amoniaku	124
Akosť (kvalita) amoniaku [19]	124
Horľavosť	125
Výbušnosť	125
Tepelná stabilita	125
Elektrické vlastnosti	125
Kovy	125
Plastické hmoty.....	126
Dehydračné látky	126
Pôsobenie na človeka a organické látky	126
Jedovatosť.....	126
Žieravosť	126
Kontaminácia skladovaného materiálu (tovaru)	126
Zisťovanie úniku chladiva.....	127
15. Príklad stanovenia opatrení pri vzniku mimoriadnej udalosti z hľadiska ohrozenia obyvateľov	127
Príklady možných porúch s únikom chladiva R717.....	128
Príklad stanovenia opatrení pri vzniku mimoriadnej udalosti s únikom chladiva R717 z hľadiska ohrozenia obyvateľov	128
16. Náhodný únik do atmosféry	132
Činnosť na mieste úniku amoniaku	132
Činnosť zodpovedného pracovníka pri výrone amoniaku	133
Činnosť veliteľa požiarnej jednotky	133
Činnosť na mieste úniku amoniaku	133
Činnosť zodpovedného pracovníka pri výrone amoniaku	133
Činnosť veliteľa požiarnej jednotky	134
Činnosť strážnej služby	134
Postup pri havárii.....	134

Vybavenie lekárníčky prvej pomoci	135
Bezpečnostné opatrenia v strojovni	135
Nebezpečenstvo, riziko, ohrozenie.....	137
17. Dohľad nad chladiacimi okruhmi	138
Z histórie	138
Slovenské vyhlášky	139
Súhrn k vyhláškam	139
Zmena od roku 2009 – vyhláška č. 508/2009 Z. z.	140
Nové zaraďovanie nehorľavých, nejedovatých halogénovaných chladiacich látok	141
Realizácia v praxi.....	141
18. Základné normy a súvisiace predpisy na Slovensku	142
Normy na úseku chladív	142
Bezpečnostné skupiny chladív	142
Súhrn k normám	143
STN EN 13313 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá – odborné znalosti osôb.....	143
C. Príklad pre amoniak	144
Metódy hodnotenia odborných znalostí	149
Tabuľky.....	149
Typ hodnotenia	149
19. Bezpečnostno - technické požiadavky na Slovensku	150
Zákon č. 124/2006 Z.z., o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov. ..	150
Vyhláška MPSaR SR č. 508/2009 Z. z., ktorou sa určujú základné požiadavky na zaistenie bezpečnosti práce pre tlakové, zdvíhacie, elektrické a plynové technické zariadenia.	153
STN EN 378-1 +A2 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia	158
Časť 1 : Základné požiadavky, definície, klasifikácia a kritéria výberu	158
STN EN 378-2 +A2 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia	163
Časť 2 : Návrh, konštrukcia, skúšanie, označovanie a dokumentácia	163
Identifikačné a meracie prístroje.....	164
Tlakomery pre chladiva.....	164
Tlakové nádoby.....	164
Skúšanie	164
Pevnostná tlaková skúška	165
Skúška tesnosti	165
Skúška kompletnej inštalácie pred uvedením do prevádzky.....	166
Dokumentácia.....	166
Záznamník.....	166
Použitie ochranných zariadení.....	167
Prepúšťacie ventily	168
20. Tlakové poistné zariadenia	168

Indikačné zariadenie tlakových poistných zariadení	168
Usporiadanie poistných zariadení chladiacich systémov	169
Vypúšťacie potrubie z tlakových poistných zariadení	169
Príklady usporiadania tlakových poistných zariadení v chladiacich systémoch	169
Poistné ventily	171
Príklad poistných ventilov.....	172
STN EN 378-3 +A1 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia	174
Časť 3 : Miesto inštalácie a ochrana personálu	174
STROJOVNÁ	174
Strojovne pre chladivá skupiny A2, A3, B2 a B3	177
Dodatočné požiadavky na inštalácie s R717	178
Vetranie	178
Bezpečnostné poplachové zariadenia	180
Osobné ochranné prostriedky (OOP)	181
Inštrukčná príručka	186
STN EN 378-4 +A1 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia	186
Časť 4 : Prevádzka, údržba, oprava a regenerácia	186
Údržba a oprava.....	187
Vypúšťanie oleja z chladiaceho zariadenia	189
Oprava	190
Manipulácia s chladivami a ich skladovanie	191
Skladovanie	193
Inštrukcia osôb zabezpečujúcich prevádzku	194
Varovné signály.....	196
POKYNY PRE OBYVATEĽOV	197
Likvidácia	200
21. Pravidlá prvej pomoci pri úraze amoniakom	200
Amoniak v očiach.....	200
Pri omrzlinách	200
Poliatie amoniakom	200
Opis opatrení prvej pomoci	201
Zdravotné ohrozenie	202
Príznaky.....	202
Dekontaminácia	202
Protipožiarne opatrenia.....	202
Opatrenia pri náhodnom uvoľnení	202
Prevádzkové požiadavky pre tlakové nádoby stabilné STN 69 0012	203
Expanzná nádoba – odlučovač chladiva R717 Vysokotlaký zberač chladiva R717	203
Bezpečnostné príslušenstvo a prevádzka tlakových nádob.....	203

Zariadenie na sledovanie stavu hladiny	203
Tlakomery	204
Prevádzkové tlakomery	204
Kontrolný tlakomer.....	205
Poistné zariadenia.....	205
Prechodnosť poistných ventilov	205
Teplomery.....	205
Obsluha tlakový nádob	206
Prehliadky a skúšky tlakových nádob	206
22. Zásady prevádzky chladiacich zariadení z hľadiska prevádzkovateľa	206
Zabezpečenie odbornej a spôsobilej obsluhy chladiaceho zariadenia	207
2. Zabezpečenie pravidelnej údržby	207
3. Zabezpečenie príslušnej dokumentácie	207
Rekonštrukcie chladiacich zariadení.....	208
23. Oleje.....	208
Typy olejov pre chladiace zariadenia - tribotechnika	208
Viskozita	210
Tepelná stabilita	210
Druhy olejov.....	211
Syntetické oleje polyolesterové (POE).....	212
Syntetické oleje polyglykolové	212
Syntetické oleje polyalfaolefínové.....	213
Rozpustnosť chladiva s olejom a vodou.....	213
Vlastnosti olejov	213
Spôsoby mazania	215
Výmena a dopĺňovanie oleja	216
Následky zaolejovania a nedostatočného mazania	217
Olejové usadeniny vo výparníku.....	218
Zaolejovanie zariadenia zhoršuje hospodárnosť prevádzky.....	218
Odolejovanie.....	218
Z kondenzátora a zo zberača kvapaliny	220
Hospodárenie s olejmi	220
Vzduch v chladiacom zariadení.....	220
Vnikanie vzduchu do zariadení	221
Zisťovanie vzduchu v chladiacom zariadení	221
Vplyv zavzdušnenia na chladiace zariadenie	222
Odvzdušňovanie zariadení.....	222
Pri odvzdušňovaní absorpčného zariadenia	223
Doplňovanie zariadení chladivom.....	223
Veľké absorpčné zariadenia amoniakové	224

Doplňovanie a vypúšťanie chladiva	224
Správne množstvo náplne	226
Odber chladiva amoniak	226
24. Chladivo a voda	227
Vlastnosti vody pre kompresory a kondenzátory :	227
Teplonosné látky	227
Voda pre kondenzátory	230
Hospodárenie s vodou pre kondenzátory	231
Príčiny nesprávnej prevádzky	231
Zlý rozvod vody	231
Veľké odstrekovanie vody	231
25. Chod chladiaceho zariadenia	232
Kolísanie teplôt a vysušanie tovaru	232
Odmrazovanie chladičov vzduchu	233
Zabezpečenie bezpečnosti v chladených miestnostiach	233
Zimné štadióny	234
Využitie odpadového tepla z procesu chladenia ľadových plôch	236
Výhody priameho chladenia ľadovej plochy :	237
Nevýhodou priameho chladenia	237
Nepriame chladenie	237
Nevýhody nepriameho chladenia	237
Výber optimálneho riešenia pre riadenie technológie chladenia	238
VYUŽITIE AMONIAKU	239
Klíská	239
Vyhliadky do budúcnosti	241
26. T E S T	242
C) v Pa , kPa, MPa.	242
ADR 2015	248
Leaklog zdarma v SJ, AJ, MJ a PJ	251
Školiace pracovisko SZ CHKT Rovinka	253
Vzdelávanie na chladivá podľa Nariadení EP a R 2015/2067, 2066, a 307/2008 akreditovaný kurz 3279 na MŠ SR „Návrh a inštalácia tepelných čerpadiel“	253
Prehľad literatúry	255
Prílohy	255
Zimné štadióny v SR podľa abecedy	260

[Príloha](#)

[Sprievodca F plynmi](#)

Nariadenie (EU) No 517/2014¹ o fluórovaných skleníkových plynoch sa zameriava nielen na znižovanie emisií týchto plynov prostredníctvom rôznych opatrení chladív (*phase-down*): pravidiel na tesnosť, použitie, zhodnocovanie, recykláciu a zničenie fluórovaných skleníkových plynov, ale zameriava sa aj na umiestňovanie na trhu určitých typov výrobkov a zariadení s alternatívnymi chladivami s nízkym GWP. Do tejto skupiny chladív patrí aj amoniak s nulovou hodnotou GWP.

Projektanti, montážne firmy, servisné firmy, prevádzkovatelia či zamestnávateľi potrebujú istotu, že chladiace, mraziace zariadenia a tepelné čerpadlá s amoniakom navrhujú, montujú a prevádzkujú bezpečne v zhode s technickými a právnymi normami. Hranica intenzity nebezpečnosti amoniaku je daná ich zaradením v zozname nebezpečných látok. Amoniak zaradený v bezpečnostnej skupine B2L patrí medzi nebezpečné a to z dôvodu predovšetkým jeho jedovatosti, ale tiež horľavosti a prevádzkových tlakov. Sú preto zvýšené požiadavky na bezpečnosť spolu s medznými množstvami a koncentraciami, pri dodržaní ktorých nemôžu byť ohrozené život a zdravie ľudí, definované v STN EN 378 1-4.

Cieľom učebných textov

Je poskytnúť chladiarenským firmám a ich zamestnancom v oblasti chladenia, mrazenia a tepelných čerpadiel základné informácie o využití amoniaku. Popisujú výpočty, prevádzku, riziká, aby sa zabezpečila správna prevádzková prax a minimalizovali sa riziká z hľadiska životného prostredia a bezpečnosti.

Učebné texty

Snažia sa vyjadriť čo najlepšie súčasný stav znalostí v oblasti využitia chladiva amoniak. Informácie budú pravidelne aktualizované na základe posledného vývoja v predmetnej oblasti v časopise Správy SZCHKT. Overte si, či máte aktuálne informácie, na stránke <http://www.szchkt.org>.

Princípy popísané v tejto publikácii

Popisujú právne a technické normy. Nie všetky popisy, princípy sú právne záväzné. Publikácia nie je garanciou záväzného výkladu právnych predpisov. Spoločnosti, osoby musia postupovať podľa svojho úsudku. Záväznú interpretáciu európskych právnych noriem môže dať Európsky súdny dvor a slovenských právnych noriem slovenské súdy. Odporúčame preto pri používaní tejto publikácie overovať si znenie v európskych i slovenských právnych normách a až potom robiť konečné rozhodnutia.

Organizácie

- SZ CHKT – Slovenský zväz pre chladiacu a klimatizačnú techniku je členom AREA, EHPA a poverenou organizáciou Ministerstva životného prostredia na vzdelávanie podľa európskych nariadení a noriem vo vzťahu ku fluórovaným skleníkovým plynom a tiež vo vzťahu ku alternatívnym chladivám s nízkym GWO.
- CO CHKT – Certifikačný orgán pre chladiacu a klimatizačnú techniku je poverenou organizáciou Ministerstva životného prostredia vykonávajúcou administratívu v oblasti vydávania osvedčení o odborných znalostiach úspešným absolventom školení a skúšok ako aj certifikátov o odbornej spôsobilosti odborným podnikom, ktoré prehlásili zhodu so zákonom.

¹ http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2014.150.01.0195.01.ENG

Amoniak sa vyše 130 rokov uchytil ako výborné priemyselné chladivo a nachádza uplatnenie v množstve zariadení po celom svete vrátane odvetvia výroby, skladovania a distribúcie potravín, spracovania mlieka, pivovarníctva, destilácie, na chladenie vody v rámci klimatizovania, chladenia obrovských počítačových miestností a priemyselných tepelných čerpadiel.

Fyzikálne vlastnosti amoniaku, najmä jeho vysoké skupenské teplo, vysoká kritická teplota a rýchlosť šírenia zvuku z neho robia veľmi účinné chladivo. Napriek jeho akútnej toxicite pri relatívne nízkych koncentráciách dochádza k usmrteniu spôsobenému vystaveniu amoniaku len zriedka, a to hlavne pre jeho nepríjemný zápach dokonca už pri veľmi nízkych a bezpečných koncentráciách. Neexistujú záznamy o prípadoch úmrtí v rámci celkovej populácie, ktoré by spôsobil únik amoniaku z chladiacich systémov – ak aj k takémuto nešťastiu došlo, obeťou bol buď technik pracujúci na chladiacom systéme, alebo zamestnanec nachádzajúci sa v bezprostrednej blízkosti miesta úniku amoniaku.

Amoniak je vo vzduchu horľavý pri koncentráciách od 15 % do 28 % objemu. Rýchlosť horenia je však relatívne nízka, v prípade horenia amoniaku teda existuje len malé riziko poškodenia konštrukcie, keďže nie je výbušný. Energia potrebná na jeho vznietenie je v porovnaní s inými horľavými chladivami relatívne vysoká, preto k vznieteniu amoniaku dochádza len veľmi ťažko. Na otvorenom priestranstve nie je možné udržať jeho horenie a horenie v uzavretom priestore je kvôli prudkému znížovaniu obsahu kyslíka len chvíľkové. Zlúčeninami, ktoré vznikajú pri horení amoniaku, sú dusík a voda, preto pre pracovníkov nepredstavujú nijaké riziko zranenia vdýchnutím toxických produktov z horenia.

Výber vhodného chladiva

Mal by byť vyváženým kompromisom medzi množstvom individuálnych vlastností, pričom si niektoré z nich pri výbere odporujú. Možno ich zatriediť do dvoch skupín:

1. termodynamické vlastnosti a vlastnosti týkajúce sa prenosu tepla, ktoré sú rozhodujúce pri navrhovaní konštrukcie zariadenia, jeho prevádzkového výkonu a energetickej účinnosti;
2. fyzikálne, chemické, environmentálne a fyziologické vlastnosti, ktoré ovplyvňujú výber materiálov a postupy, ako zabezpečiť vybavenie a bezpečnosť osôb.

Vo väčšine krajín sa bezpečnostné normy a predpisy dajú rozdeliť do dvoch skupín:

- predpisy, ktoré sa týkajú bezpečnosti a dizajnu konštrukcie; ide o predpisy, ktoré musia dodržiavať konštruktéri, výrobcovia a montéri pri navrhovaní a montáži chladiaceho zariadenia;
- predpisy týkajúce sa ochrany životného prostredia; sú určené pre koncového používateľa, no vo veľkej miere sa líšia v závislosti od krajiny.

Hlavnou európskou normou zaoberajúcou sa chladiacimi zariadeniami je norma EN 378 1-4:

„Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá – požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia“

Táto norma je rozdelená na štyri časti:

- Časť 1: Základné požiadavky, definície, klasifikácia a kritériá výberu
- Časť 2: Návrh, konštrukcia, skúšanie, označovanie a dokumentácia
- Časť 3: Miesto inštalácie a ochrana personálu
- Časť 4: Prevádzka, údržba, oprava a regenerácia

Prehľad základných označení

Značka	Názov	Jednotka
c_p	merná tep. kapacita	$J.kg^{-1}K^{-1}$
f	pomerné množstvo	
EER	chladiaci súčiniteľ	
COP	vykurovací súčiniteľ, výkonové číslo	-
h	merná entalpia	$kJ.kg^{-1}K^{-1}$
l	merné skupenské teplo	$kJ.kg^{-1}$
k	súčiniteľ prechodu tepla	$W.m^{-2}.K^{-1}$
M	molárna hmotnosť	$Kg.kmol^{-1}$
m	hmotnosť	kg
$\dot{m}$	hmotnostný tok	$kg.s^{-1}$
P	príkon	W
Pr	Prandtlovo číslo	
P_{iz}	izoentropický príkon	kW
p	tlak	Pa, bar
s	entropia	$J.kg^{-1}.K^{-1}$
S	plocha	m^2
q	merné teplo	$kJ.kg^{-1}$
$\dot{Q}$	teplo, tepelný výkon	kW
Q_k	kondenzačný výkon	kW
Q_o	chladiaci výkon	kW
R	plynová konštanta	$J.kg^{-1}K^{-1}$
t	teplota	$^{\circ}C$
T	termodynamická teplota	K
$\dot{V}$	Objemový prietok	$m^3.s^{-1}$
v	merný objem	$m^3.kg^{-1}$
Δt	rozdiel teplôt	$^{\circ}C$
η	účinnosť	-
λ	tepelná vodivosť	$W.m^{-1}.K^{-1}$
ρ	hustota	$kg.m^{-3}$
Δ	rozdiel	
μ	súčiniteľ dynamickej viskozity	Pa.s
ν	súčiniteľ kinematickej viskozity	$m^2.s^{-1}$
π	tlakový pomer	
τ	čas	s
w	merná práca	$J.kg^{-1}$
ξ	koncentrácia (podiel)	
Skratky		
A	absorbér	
COP	Vykurovací súčiniteľ (faktor)	
D	dochladovač	
ECO	Ekonomizér	

EER	Chladiaci súčiniteľ (faktor)	
GWP	Potenciál globálneho otepľovania Zeme	kg CO ₂
ODP	Potenciál poškodzovania ozónovej vrstvy Zeme	
K	kondenzátor	
Ko	kompresor	
PP	Prehriate pary	
RV	Redukčný ventil	
V	Výparník	
VP	Začiatok vypudzovania	
VVT	Vnútorový výmenník tepla	
VYP	Vypudzovač	

Indexy

a	Dolný index absorpcia
d	dolný index - dochladzovací
eco	Dolný index ekonomizéru
g	Dolný index glykolu
ie	dolný index - izoentropický
k	dolný index - kondenzačný
o	dolný index - vyparovací
m	dolný index – stredný
v	objemový
1,2,..	Stavy látky
'	Sýta kvapalina
''	Sýta para
~	Priemerný stredný

Používané metódy dosahovania nízkych teplôt

Chladiaca technológia na celom svete má veľký vplyv, a to dokonca výraznejší než sa vo všeobecnosti domnievame. Kým ročné investície do chladiacich strojov a zariadení sa pohybujú okolo 200 miliárd amerických dolárov, odhadovaná hodnota produktov, ktoré prichádzajú do styku s chladením, je asi šesťkrát väčšia. Napríklad celkový objem chladiarní na svete je okolo 300 miliónov kubických metrov. Takéto množstvo dokáže uschovať 5 % z celkovej ročnej produkcie potravín a potreba by bola ž 40 %, čo je približne úrovni EÚ podľa príručky IIR. Amoniak ako chladivo našiel svoje uplatnenie najmä v priemyselnom chladení, tepelných čerpadlách a v kombinácii s inými chladivami.

Účelom chladenia je odoberať teplo predmetom alebo látkam, ktoré sa tak ochladzujú na teploty nižšie, ako je teplota okolia, alebo menia svoje skupenstvo, prípadne sa im odoberá reakčné teplo. Používané metódy chladenia je možné rozdeliť takto:

1. Využívanie citeľného alebo latentného tepla látok, ktoré sa voľne vyskytujú v prírode. Tieto spôsoby nevyžadujú strojné chladiace zariadenie.
2. Využívanie zmiešavacieho resp. rozpúšťacieho tepla, ktoré sa pri zmiešavaní spotrebúva a tým odoberá teplo chladenému okoliu.
3. Využívanie latentného tepla látok, do ktorých bol akumulovaný chlad získaný pomocou strojného zariadenia (napríklad, sublimácia tuhej fáze oxidu uhličitého, vyparovanie skvapalnených plynov a iné).
4. **Použitie strojného chladiaceho zariadenia založeného na obehoch s vyparovaním pracovnej látky alebo javoch spojených so škrténím alebo expanziou plynu.**
5. Využitie elektrických a magnetických javov, ktoré vedú k teplotným zmenám.

Uzatvorený ideálny chladiaci obeh je vytvorený vhodnou postupnosťou jednotlivých termodynamických procesov, pri ktorých sa pracovná látka (chladivo) vracia späť do východzieho stavu. Uskutočňuje sa v sústave prvkov (strojov a prístrojov) prepojených potrubím a nazýva sa chladiacim okruhom.

Chladiaci okruh sa skladá z prvkov troch typov:

1. Prvky, v ktorých prebieha prenos tepelnej, alebo inej energie bez prívodu mechanickej energie z vonku. Typicky ide o výmenníky tepla ale aj napríklad o paroprúdy kompresor.

Pri výpočte vychádzame zo zákona o zachovaní energie a hmotnosti, platí:

$$\sum \dot{Q}_i - \sum \dot{Q}_e \pm \sum \dot{Q}_v = 0$$

kde index "i" znamená vstup do prvku, index "e" výstup a index "v" označuje tepelný tok, ktorý sa v príslušnom prvku vyvíja alebo spotrebúva. Vzťah vyššie môžeme upraviť na:

$$\sum \dot{m}_i \cdot h_i - \sum \dot{m}_e \cdot h_e \pm \dot{Q}_s \pm \dot{Q}_v = 0$$

Kde $\dot{m}$ je tok hmotnosti, ktorý sa zúčastňuje príslušného procesu, h je odpovedajúca hmotnostná entalpia a $\dot{Q}_s$ je teplo odvádzané do okolia, alebo z neho privádzané (ako tepelná strata alebo zisk). Zložka $\dot{Q}_s$ sa v bežných technických výpočtoch zanedbáva vzhľadom na malú hodnotu v porovnaní s ostatnými tepelnými tokmi.

2. Prvky, v ktorých prebieha premena mechanickej energie na tepelnú alebo naopak, konkrétne ide o kompresory a detandery.

3. Prvky v ktorých prebieha pochod škrtenia, ktorý sa používa pre zníženie tlaku pracovnej látky. Tento proces prebieha pri konštantnej entalpii, ak je možné zanedbať rýchlostnú zložku chladiva pred škrtiacim prierezom a za ním. Pri škrtení vriacej kvapaliny alebo mokrej pary vychádzame pri chladiacich obehoch vždy z takého stavu vzhľadom k polohe inverzného bodu, že teplota vždy klesá a časť kvapaliny sa mení na sýtu paru.

Pre štúdium základných zákonitostí a pre porovnanie so skutočnými obehmi chladiacich zariadení sa používajú dva porovnávacie obeh, s maximálnou v praxi nedosiahnuteľnou termodynamickou efektívnosťou.

Kritériá ovplyvňujúce výber chladiva

Výber vhodného chladiva by mal byť vyváženým kompromisom medzi množstvom individuálnych vlastností, pričom si niektoré z nich odporujú. Možno ich zatriediť do dvoch skupín:

- termodynamické vlastnosti a vlastnosti týkajúce sa prenosu tepla, ktoré sú rozhodujúce pri navrhovaní konštrukcie zariadenia, jeho prevádzkového výkonu a energetickej účinnosti;
- fyzikálne, chemické, environmentálne a fyziologické vlastnosti, ktoré ovplyvňujú výber materiálov a postupy, ako zabezpečiť vybavenie a bezpečnosť osôb.

Objemová rýchlosť potrebná na vytvorenie určitého chladiaceho výkonu (alebo tepelného výkonu tepelného čerpadla) je nepriamo úmerná aktuálnemu nasávaciemu tlaku v súlade s požadovanou teplotou vyparovania. Na obmedzenie veľkosti a nákladov za piestový stroj (piestový alebo skrutkový kompresor) by malo chladivo mať relatívne vysoký tlak pary pri aktuálnej teplote vyparovania. Jeho kritická teplota musí byť dostatočne vysoká, aby zaistila, že kondenzácia chladiva bude vždy prebiehať pri teplote, ktorá je oveľa nižšia než teplota v kritickom bode. To zaručí, aby skupenské teplo počas kondenzácie pri výstupnom tlaku nebolo výrazne nižšie ako skupenské teplo počas odparovania pri teplote vyparovania a znižuje tak množstvo plynu pri výstupe expanzného ventilu. Molárna hmotnosť neurčuje len hustotu plynu, a tým aj zdvihový objem kompresora, ale aj rýchlosť šírenia zvuku v plyne a aj rýchlosti, ktoré dokáže dosiahnuť v potrubí, ventiloch a expanzných ventiloch bez toho, aby výrazne klesol tlak.

Výber amoniaku

Amoniak je mimoriadne pozoruhodná toxická chemická látka, pretože má výrazný zápach už pri úrovni, ktorá je 100-krát menšia ako prípustná hranica a 1 000-krát nižšia ako úroveň, ktorá predstavuje vysoké riziko usmrtenia. Pri iných toxických chemických látkach, napríklad pri chlóre alebo chlorovodíku, to tak nie je, lebo minimálna úroveň, pri ktorej cítiť zápach, je dostatočne vysoká, aby predstavovala riziko trvalého poškodenia.

Pri určitom chladiacom výkone vo všeobecnosti narastá hmotnostný prietok chladiva spolu s narastajúcou molárnou hmotnosťou. Amoniak vytvára oveľa nižší hmotnostný prietok, pričom jeho entalpia vyparovania je oveľa vyššia než u ostatných chladív.

Čím má plyn vyššiu hustotu, tým viac musí poklesnúť prietok v potrubí a v otvoroch tak, aby sa dali straty tlaku udržať na akceptovateľnej úrovni. Nízka hustota amoniaku vo forme pary umožňuje zvýšiť jeho rýchlosť v potrubí a tak zmenšiť priemer rúr. Zároveň možno zvýšiť aj rýchlosť, akou para preteká piestovým kompresorom alebo vypúšťacími ventilmi skrutkového kompresora.

Významnou vlastnosťou amoniaku je aj to, že špecifické teplo kvapaliny má mimoriadne vysoké hodnoty – dokonca vyššie ako voda, ktorá sa zvyčajne používa ako referencia pri porovnávaní s inými kvapalinami. Pomer hodnôt špecifického tepla γ , známy ako kompresný pomer, je v porovnaní s väčšinou chladív extrémne vysoký (s výnimkou R-744). Táto skutočnosť sa často vníma ako nevýhoda, keďže spôsobuje vysoké výtlačné teploty najmä pri piestových kompresoroch. V niektorých kruhoch vznikla preto domnienka, že amoniak nie je vhodné používať v kombinácii s kondenzátormi chladenými vzduchom. Použitím oleja vstrekaného do skrutkového kompresora však možno regulovať výtlačnú teplotu prostredníctvom chladenia olejom, a mimoriadne vysoká kritická teplota amoniaku (pozri Tabuľku 3) znamená, že sa amoniak oveľa lepšie prispôsobí použitiu s kondenzátormi chladenými vzduchom ako ktorékoľvek chladivo

Historický vývoj chladenia s amoniakom

Rozvoj strojového chladenia, ktoré využíva kvapalinu vyparujúcu sa v priebehu kompresného cyklu, má svoj pôvod v roku 1834, keď Američan Jacob Perkins patentoval systém založený na éteri. V roku 1867 patentoval Thaddeus Lowe systém na výrobu ľadu, ktorý pri kompresii pary využíval oxid uhličitý, a krátko nato, v roku 1872 vynášiel David Boyle systém využívajúci amoniak. Carl von Linde tiež prešiel na amoniak, ktorý sa mu po tom, ako mu v roku 1874 výbuch metylchloridu zničil laboratórium, sa zdal byť bezpečnejší. Linde skonštruoval svoj prvý kompresor využívajúci amoniak v roku 1876 a jeho návrh ponúkal oveľa väčšie výhody ohľadom účinnosti než všetky predchádzajúce typy. Prvý kompresor bol namontovaný v pivovare v Trieste a po Svetovej výstave v Paríži v roku 1878, ktorá obsahovala aj sekciu špeciálne venovanú chladeniu, začali väčšie pivovary využívať najmä chladenie s kompresiou amoniaku.

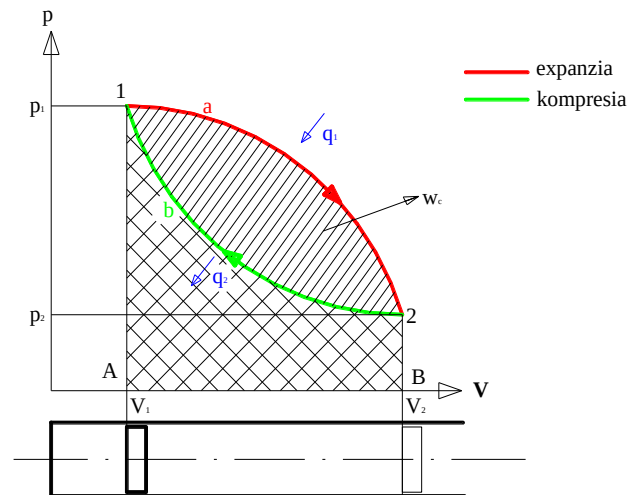
V priebehu posledného desaťročia 19. storočia zúril konkurenčný boj medzi využívaním amoniaku (NH_3), oxidu siričitého a oxidu uhličitého (CO_2) vo väčších chladiacich zariadeniach. NH_3 sa ako prednostné chladivo využívalo vo veľkých priemyselných systémoch na pevnine, CO_2 si zase zachovalo svoje postavenie v rámci námorného priemyslu. Rozdiel medzi kompresormi využívajúcimi CO_2 a NH_3 spočíval v tom, že tie, ktoré využívali oxid uhličitý, boli vyrobené z ocele a tie s amoniakom boli z liatiny; príčinou bol fakt, že kompresory s CO_2 pracovali v rozsahu kondenzačného tlaku 60 – 70 barov, kým kompresory s NH_3 pracovali len s tlakom 10 – 30 barov. Väčšina ostatných komponentov bola rovnaká.

Je dôležité si uvedomiť, že jedným z dôležitých aspektov, prečo využívať amoniak v budúcnosti, sú hodnoty tlaku, ktoré sa veľmi nelíšia od technológie kompresie iných chladív.

Amoniak patrí medzi tzv „prírodné chladivá“, pretože sa vyskytujú voľne v prírode. Pre použitie v chladení sú vyrábané synteticky. Amoniak nie je a ani nie je predpoklad, že by bolo jeho použitie obmedzované ekologickými nariadeniami.

1. Základy termodynamického obehu

Ak prebiehajú zmeny stavu látky tak, že po zdieľaní tepla s okolím sa pracovná látka vráti do pôvodného stavu, potom vykonala látka kruhový proces, teda uzatvorený cyklus. Na tomto princípe je založená funkcia tepelných motorov, kde obehom pracovnej látky zabezpečujeme trvalú premenu ohrevu na mechanickú prácu. Na obrázku č. 1.1 je v $p-v$ diagrame znázornený všeobecný uzatvorený termodynamický obeh, kde počas zmeny 1 – 2 dodávame pracovnej látke teplo $q_{1,2}$, z toho obehu potom získavame prácu cyklu w_c , ktorej veľkosť je úmerná veľkosti plochy uzatvorenej zmenou 1 – 2 – 1 (čiary a, b)



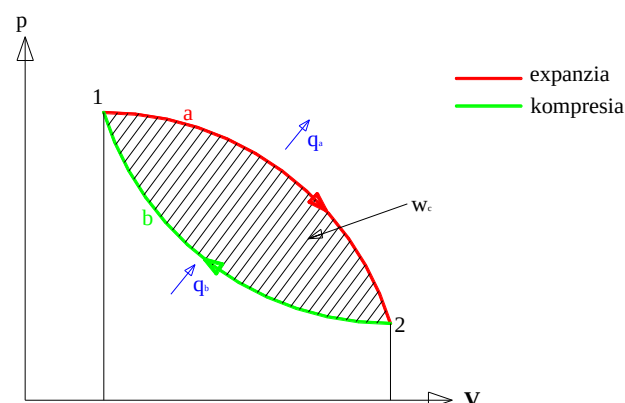
Obrázok č. 1.1 Všeobecný uzatvorený termodynamický obeh v $p-v$ diagrame

Na základe energetickej bilancie cyklu tepelného motora ľahko odvodíme vzťah pre hodnotu práce cyklu w_c vzťah

$$w_c = q_c - q_o \quad (\text{J.kg}^{-1}) \quad (1.3)$$

Termodynamický obeh, ktorý prebieha v obrátenom zmysle ako na obrázku č. 1.1, je chladiaci cyklus, ktorý prácu spotrebováva. Je termodynamickým obehom chladiaceho stroja (pozri obrázok č. 1.2). Pracovná látka v tomto prípade odníma teplo okoliu pri nižších teplotách a odovzdáva ho pri teplotách vyšších. Termodynamickú efektívnosť η oboch uvedených obehov môžeme vyjadriť ako pomer tokov energie hodnotených ako zisk / úžitok z daného procesu k tokom energie vynaloženým na vykonanie daného procesu, resp. cyklu. Potom všeobecne platí :

$$\eta_e = \frac{\sum E_u}{\sum E_v} \quad (1.4)$$



Obrázok č. 1.2 Všeobecný termodynamický obeh chladiaceho stroja

Pre tepelný motor po dosadení dostaneme pomer práce cyklu a dodaného tepla a nazývame ho termickou účinnosťou obehu

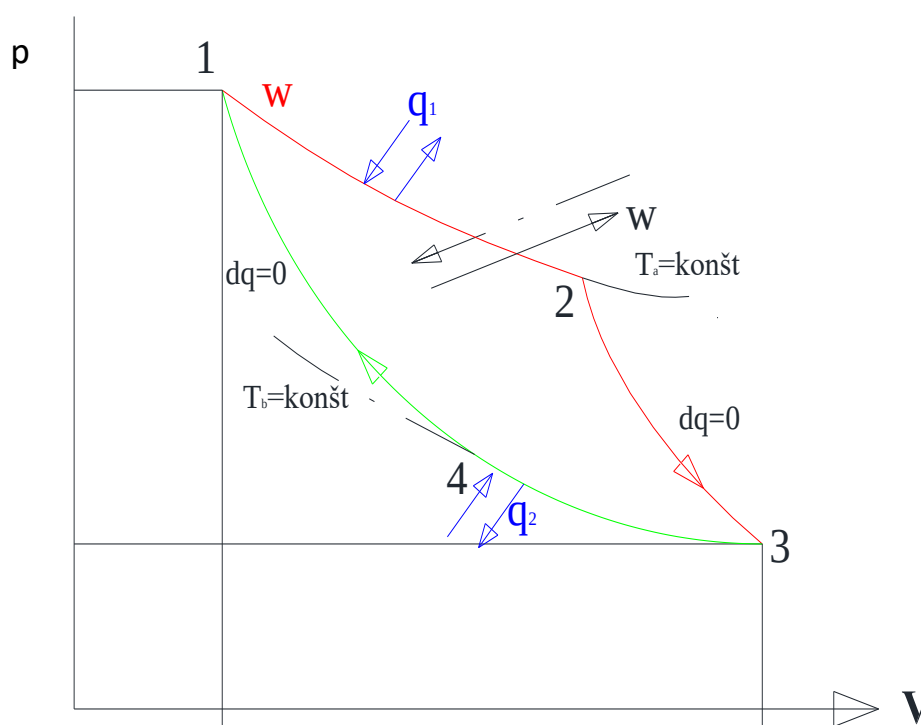
$$\eta_t = \frac{w_c}{q_o} \quad (1.5)$$

Pre chladiaci stroj dostaneme pomer odobratého tepla z okolia a dodanej práce cyklu a nazývame ho výkonovým číslom (chladiacim súčiniteľom)

$$EER = \frac{q_o}{w_c} \quad (1.6)$$

V ďalšom uvedieme konkrétny termodynamický obeh, ktorý sa skladá z dvoch izotermických procesov, a dvoch adiabatických dejov - kompresia a expanzia, počas ktorých sa dodáva, resp. odoberá teplo. Tento obeh sa nazýva Carnotovým obehom a je to jeden z obehov, ktorý má teoreticky maximálne dosiahnuteľnú termodynamickú efektívnosť.

Na obrázku č. 3 je v p-v diagrame znázornený vratný Carnotov cyklus tepelného motora a chladiaceho stroja



Obrázok č. 1.3 Vratný Carnotov cyklus tepelného motora a chladiaceho stroja

Pre termickú účinnosť a výkonové číslo vratného Carnotovho cyklu možno odvodiť tieto vzťahy :

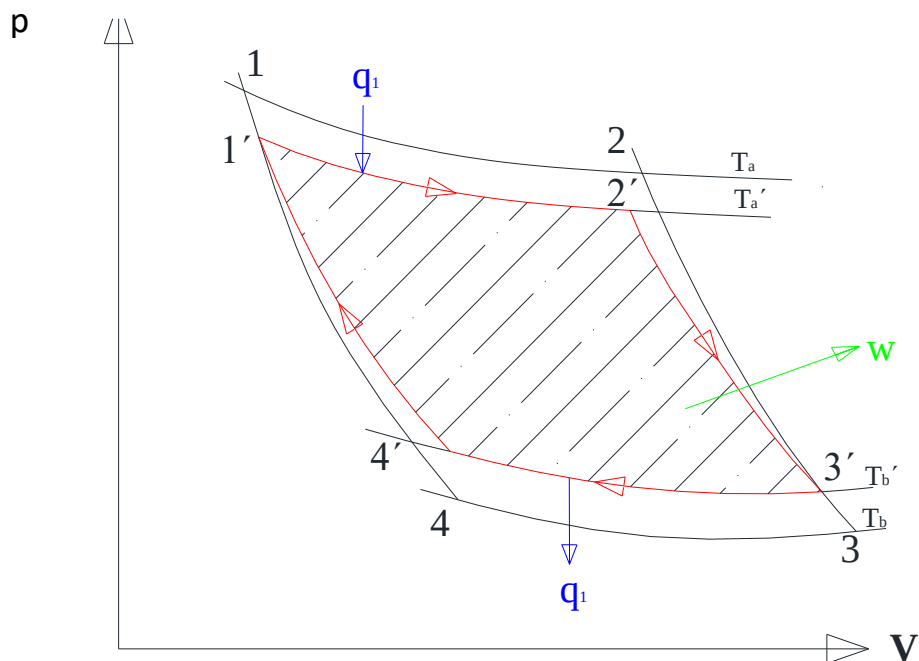
$$\eta_t = \frac{w_c}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{T_a - T_b}{T_a} \quad (1.7)$$

$$EER = \frac{q_2}{w_c} = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{T_b}{T_a - T_b} \quad (1.8)$$

Nevratný Carnotov cyklus, ktorý sa skladá z nevratných termodynamických procesov je znázornený na obrázku č. 4. Nevratné izotermy sú dané rozdielom teplôt ohrievača /T_a/, pracovnej látky /T'_a/, chladiča T_b a pracovnej látky /T'_b. Nevratný adiabatický proces vzniká v dôsledku vnútorného trenia

medzi molekulami a trenia molekúl o súčiastky stroja a v p-v diagrame ho nemožno zreteľne odlíšiť od vratného procesu.

Zo znázornenia na obrázku č. 1.4 je zrejmé, že práca vratného cyklu je väčšia ako nevratného a ak vychádzame z rovnakého dodaného tepla do cyklu q_1 vratného aj nevratného, je ľahko dokázateľné, že termická účinnosť nevratného Carnotovho cyklu je menšia ako vratného, obdobne chladiaci súčiniteľ je menší ako pri vratnom obehu.



Obrázok č. 1.4 Nevratný Carnotov cyklus tepelného motora

Termodynamická teória chladiacich obehov

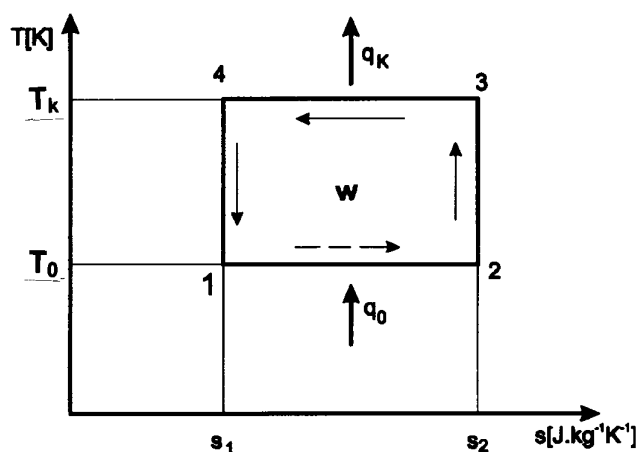
Ako už bolo uvedené, termodynamická efektívnosť Carnotovho obehu tepelného motora alebo chladiaceho stroja, daná len teplotami ohrievača a chladiča, je maximálne teoreticky dosiahnuteľná hodnota. Preto tento obeh, ktorý sa nedá v praxi z konštrukčných dôvodov realizovať, používame pre porovnanie s reálnymi obehmi tepelných a chladiacich strojov, aby sme určili ich stupeň termodynamickkej dokonalosti.

Pre prípad prívodu a odvodu tepla za konštantnej teploty (fázová premena jednozložkovej látky alebo azeotropickej zmesi) sa používa sa porovnávací ideálny Carnotov obeh, zložený z vratných izotermických a izoentropických procesov (obrázok 1.5). Pre prívádzané teplo vzťahnuté na jednotku hmotnosti platí:

$$q_0 = T_0 \cdot (s_2 - s_1) \quad (1.9)$$

Minimálna práca nutná k uskutočneniu obehu, medzi teplotami T_0 a T_k je:

$$w = (T_k - T_0) \cdot (s_2 - s_1) \quad (1.10)$$

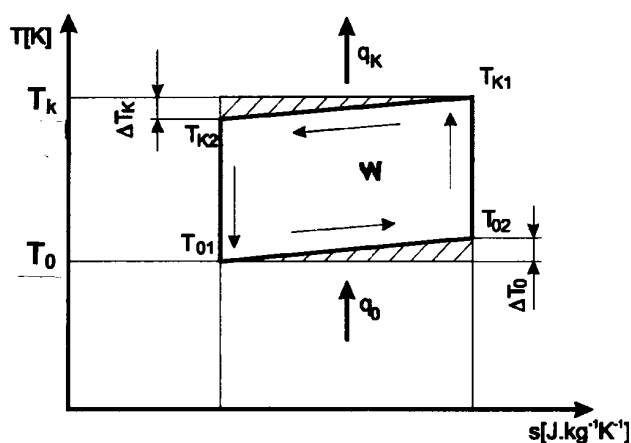


Obrázok 1.5 Carnotov porovnávací obeh v T - s diagrame pre izotermické zmeny fázovej premeny

Odvádzané teplo sa potom vyjadrí vzťahom:

$$q_k = q_0 + w = T_0 \cdot (s_2 - s_1) \quad (1.11)$$

Pre prípady prívodu a odvodu tepla za premenlivých teplôt (fázová premena neazeotropnej zmesi, ohrev alebo ochladzovanie látky) sa používa porovnávací Lorenzov obeh, zložený z izoentrop a všeobecných neizotermických pochodov fázovej zmeny (pozri schému na obrázku 1.6).



Obrázok 1.6 Lorenzov porovnávací chladiaci obeh v T - s diagrame pre neizotermické zmeny

Ak uvažujeme v uvedenom prípade lineárny priebeh teplôt, budú pre hodnoty q_0 a q_k platiť tieto vzťahy:

$$q_0 = \left(T_{01} + \frac{\Delta T_0}{2} \right) \cdot (s_2 - s_1) \quad (1.12)$$

$$w = \left(T_{k1} - T_{01} - \frac{\Delta T_0}{2} - \frac{\Delta T_k}{2} \right) \cdot (s_2 - s_1) \quad (1.13)$$

$$q_k = q_0 + w = \left(T_{k1} - \frac{\Delta T_k}{2} \right) (s_2 - s_1) \quad (1.14)$$

Hodnotenie termodynamickej efektívnosti chladiacich obehov je založené na porovnaní množstva užitočne získanej energie, a energie nutne potrebnej k uskutočneniu obehu (ide o tzv. energetické účinnosti). Číselné hodnoty pomeru uvedených energií nie sú v chladiacej technike limitované

hodnotou 1, preto sa tento pomer nenazýva účinnosťou a označujeme ho ako výkonové číslo COP_{CH} z anglického „Coefficient of Performance“ (taktiež sa používa v českej a slovenskej odbornej literatúre výraz „chladiaci súčiniteľ (faktor)“, označovaný ako EER, pre ktorý platí:

$$EER = \frac{q_0}{w} = \frac{\dot{Q}_0}{P} \quad (1.15)$$

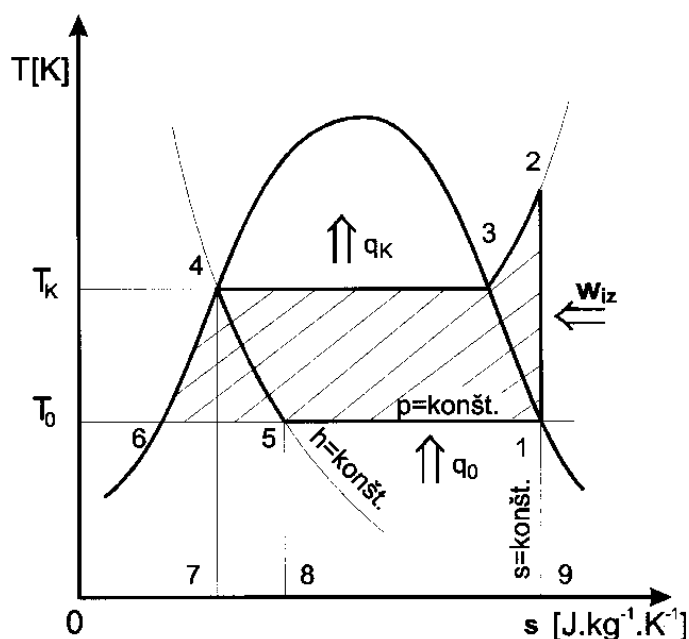
Pre Carnotov obch je možné vzťah (1.15) upraviť do tvaru:

$$EER(C) = \frac{T_0}{T_k - T_0} \quad (1.16)$$

Pre Lorenzov obch použitím vzťahov (1.12 a 1.13) dostaneme:

$$EER(L) = \frac{T_{01} + \frac{\Delta T_0}{2}}{T_{k1} - T_{01} - \frac{\Delta T_0}{2} - \frac{\Delta T_k}{2}} \quad (1.17)$$

Skutočné obchy sa od uvedených teoretických odlišujú v dôsledku nevratnosti procesov spôsobených zdieľaním tepla s okolím, hydraulickými stratami, konečnými rozdielmi teplôt a niektorými procesmi uskutočnenými iným spôsobom. Skutočnému parnému kompresorovému chladiacemu obchu sa najviac približuje Clausius - Rankinov (C-Rankinov) porovnávací (ideálny) obch zložený z izobarického prívodu a odvodu tepla, izoentropického stláčania sýtej pary a zo zníženia tlaku škrtením vriacej kvapaliny, ako je vidieť v T - s diagrame na *obrázok 1.7* (body 1-2-3-4-5-1).



Obrázok 1.7 C-Rankinov porovnávací chladiaci obch v T – s diagrame hodnoty q_0 a dodanej práce nie sú len funkciou teploty, ale aj tepelných vlastností chladiva

Chladiaci faktor C- Rankinovho chladiaceho obchu $EER(R)$ je daný vzťahom (1.15), pričom hodnoty q_0 a dodanej práce nie sú len funkciou teploty, ale aj tepelných vlastností chladiva ako bude ukázané v ďalšom. Dodávaná práca w_{iz} je približne úmerná ploche šrafovaného obrazca 1–2–3–4–6–1. Porovnaním hodnoty $EER(R)$ s výkonovým číslom Carnotovho cyklu $EER(C)$ dostaneme tzv. porovnávaciú účinnosť η_{C-R} s hodnotou vždy menšou ako 1.

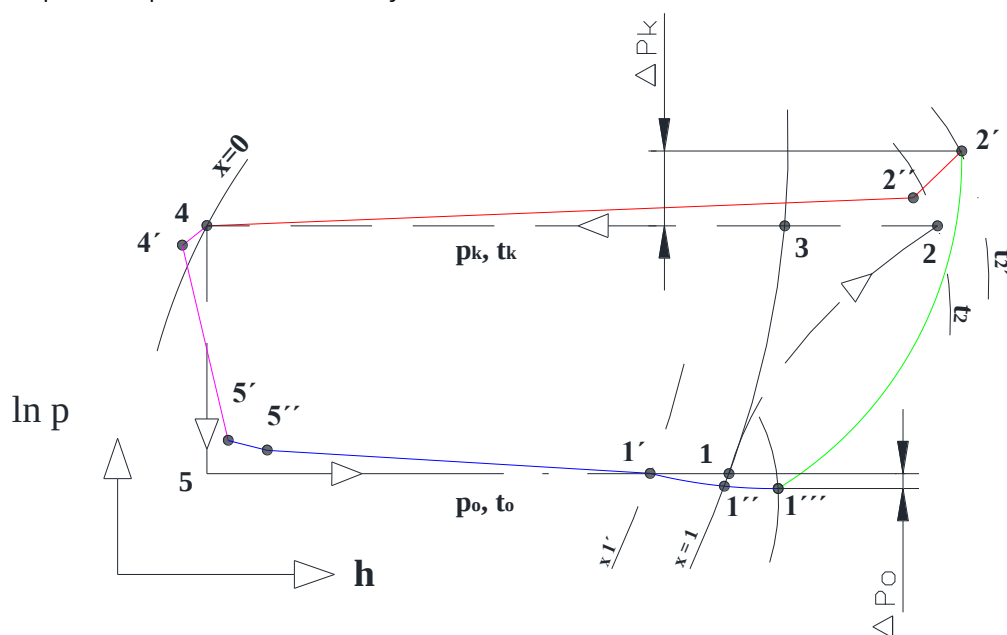
$$\eta_{C-R} = \frac{EER_{(R)}}{EER_{(C)}} \quad (1.18)$$

ktorá je považovaná za mieru dokonalosti chladiva. Porovnávacie účinnosti je možné použiť pre porovnanie ľubovoľného obehu s niektorým porovnávacím (ideálnym), napr. skutočného obehu chladiaceho zariadenia s C-Rankinovým a pod.

2. Skutočný chladiaci obeh – popis v ln p-h diagrame

Pre grafické znázornenie popisu obehu nám posluží obrázok č. 2.1

Z výparníka odchádza mokrá para v stave, v ktorom sa v odlučovači chladiva za cenu určitej straty tlaku odlúčia kvapky chladiva, takže z odlučovača odchádza syta para stavu $1''$. Táto je odsávaná kompresorom. V sacom potrubí prívodom tepla z okolia rastie jej teplota, v dôsledku prietochných odporov klesá tlak, takže stav pary v saní kompresora je daný bodom $1'''$. Táto para obecné po nasatí kompresorom nie je stlačovaná adiabaticky ale polytropicky. V prvej fáze kompresie je nasatá para studenšia než steny valca a piestu, teplo prechádza do pár chladiva a krivka znázorňujúca v diagrame h-p kompresia sa odchyľuje od adiabaty vpravo, tzn. k vyšším teplotám. Ku koncu kompresie je naopak teplota pár chladiva vyššia než teplota okolitých stien, teplo prechádza od chladiva k povrchu týchto súčiastok a kompresná polytropa sa odchyľuje vľavo od adiabaty, t. j. k nižším teplotám. To znamená, že konečná teplota pár chladiva vytlačaných z kompresora je v skutočných obehoch vyššia ako pri kompresii adiabetickej.

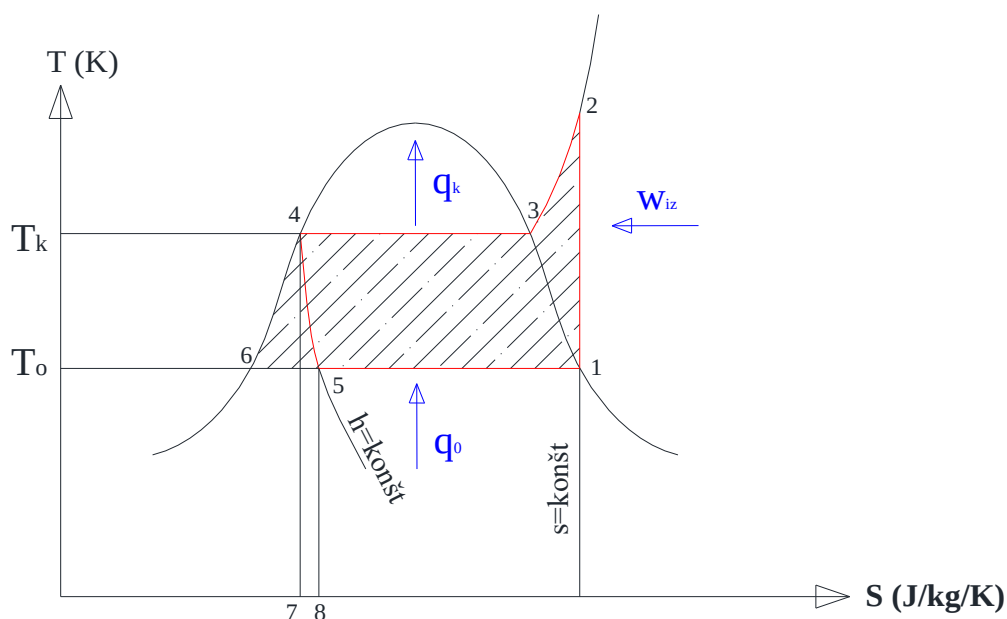


Obrázok č. 2.1 Grafické znázornenie skutočného parného obehu v ln p-h diagrame

Para chladiva, ktorá opúšťa kompresor o stave $2'$ je vedená výtlačným potrubím pri súčasnej tlakovej a tepelnej strate do kondenzátora stav $2''$. Prechodom chladiva kondenzátorom dôjde opäť k tlakovej strate, takže stav na výstupe z neho je charakterizovaný bodom 4. Pri prietoku chladiva ku škrtiacemu orgánu je potrebné počítať opäť s tlakovou stratou a v prípadoch, kedy je teplota okolia nižšia než je teplota kondenzačná, tiež s podchladením chladiva pred škrtiacim ventilom. Stav chladiva je potom

daný bodom 4'. Škrtenie, ktoré prebieha za prívodu tepla z okolia, je charakterizované zmenou 4'5', pričom je ukončené pri tlaku vyššom než je tlak vyparovací, pretože zostávajúci tlakový spád sa spotrebuje na prietok výparníkom.

Aby bolo možné čo najľahšie vykonať tepelné výpočty chladiaceho obehu, uvažuje sa pri výpočtoch zidealizovaný obeh chladiva, tzn. obeh Rankinov. Na rozdiel od skutočného obehu neuvažuje tepelné ani hydraulické straty vznikajúce v potrubiach a aparátoch, ani výmenu tepla s okolím behom kompresie a škrtenia, a ďalej neuvažuje zaradenie pomocných zariadení. Znázornenie Rankinovho obehu, ktorý sa skladá z izobarického odberu a odovzdávania tepla a izoentropického škrtenia je na obrázku č. 2.1 bodmi 1-2-3-4-5 a tiež č. 2.2.



Obrázok č. 2.2 Rankinov cyklus v diagrame $T - s$

Rankinov obeh nie je v praxi realizovateľný. Príklady rôznych obehov v tejto publikácii s NH_3 sú riešené ako ideálne. Reálne obehly pracujú s výrazne nižšou efektívnosťou - až o viac ako 30 % (čo je dané najmä celkovou izoentropickou účinnosťou použitých kompresorov) a preto nie je možné na ich základe dimenzovať príkony kompresorov pre požadované chladiace výkony.

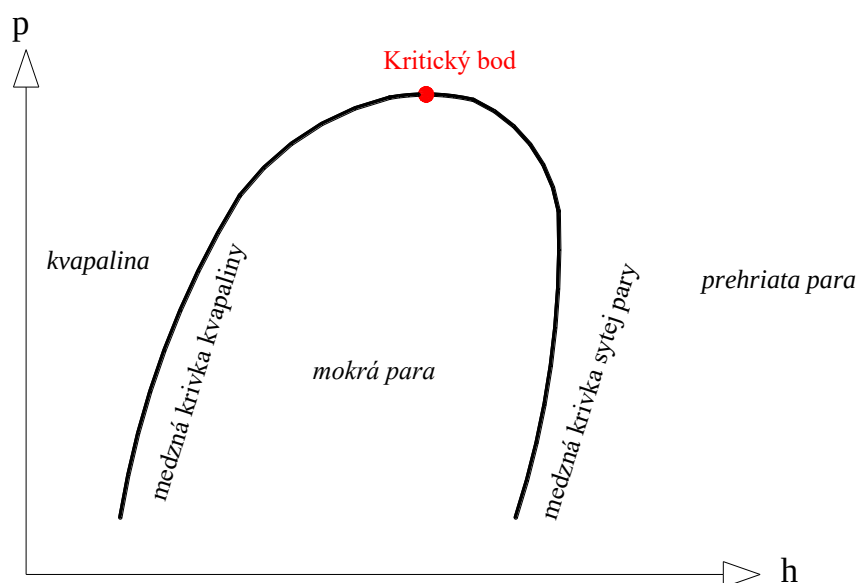
Popis tepelného $p - h$ diagramu

V tepelnom diagrame môžeme nielen dobre sledovať prevádzku chladiaceho zariadenia, ale taktiež pohodlne zistiť všetky potrebné hodnoty pre stanovenie chladiaceho obehu pri kontrole chladenia, pre výpočty, riešenia a prehľad o zmenách stavu chladiva. Z rôznych typov tepelných diagramov sa v chladiení najčastejšie používa diagram $p - h$. Na horizontálnej osi sú vynesené v rovnomernej stupnici hodnoty entalpie v kJ.kg^{-1} .

Na vertikálnej osi sú v nerovnomernej stupnici (*prirodzene logaritmické*) hodnoty tlaku p v MPa. Plocha diagramu je rozdelená dvomi krivkami na tri oblasti. Krivka vľavo je medzná krivka kvapaliny, krivka vpravo je medzná krivka sýtej pary. Medzi obidvoma krivkami je oblasť mokrej pary, vpravo od

medznej krivky sýtej pary je oblasť prehriatej pary, vľavo od medznej krivky kvapaliny je oblasť kvapaliny.

Na obrázku č. 2.3 sú vyznačené medzné krivky i jednotlivé oblasti.

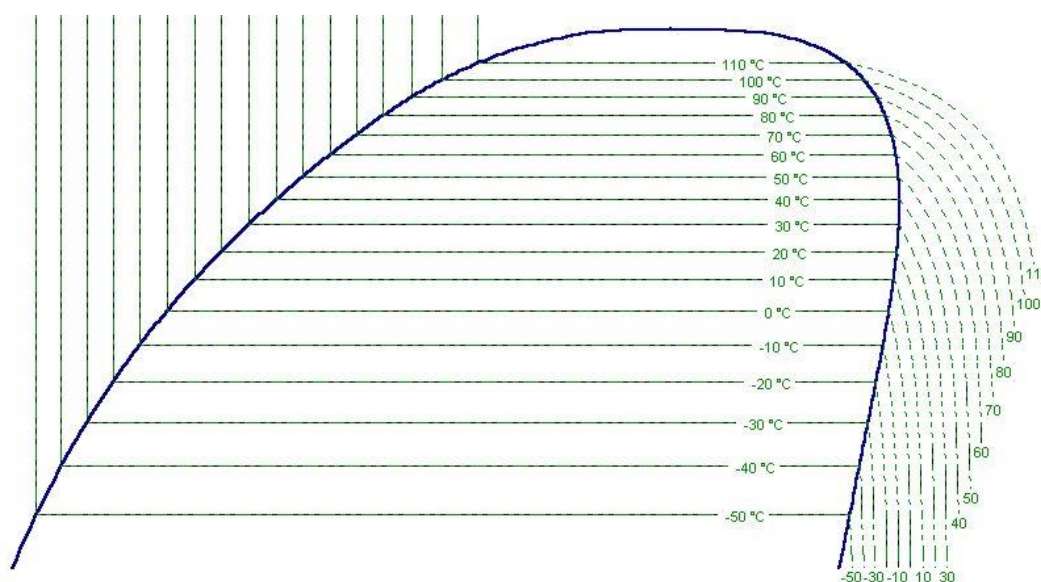


Obrázok č. 2.3 Tepelný $p - h$ diagram

Medzné krivky sú v podstate hodnoty h' (entalpia kvapaliny) a h'' (entalpia sýtej pary), ako sú uvádzané v parných tabuľkách. Pri určitej teplote (tlaku) je entalpia kvapaliny a entalpia sýtej pary rovnaká. Obe medzné krivky, medzná krivka kvapaliny a medzná krivka sýtej pary sa spoja v jednom bode, ktorý nazývame bodom kritickým. Príslušný tlak a príslušná teplota sa nazývajú kritické. V diagrame sú ďalej vynesené tieto krivky:

Krivky rovnakej teploty [t]

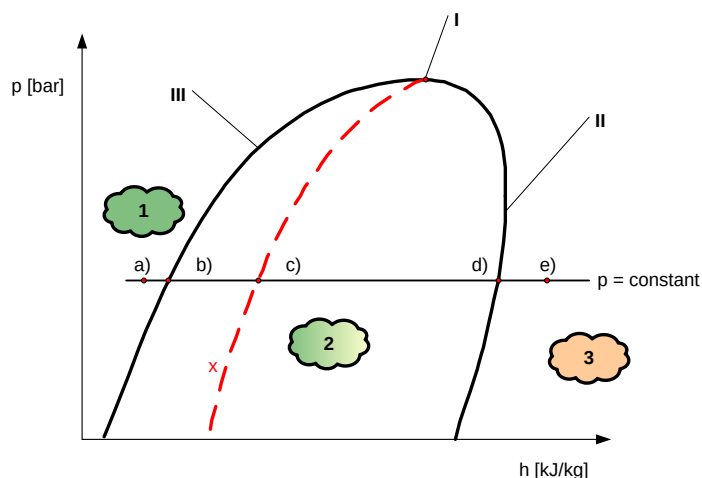
V oblasti kvapaliny sú takmer zvislé, v oblasti mokrej pary sú vodorovne rovnobežné s čiarami rovnakého tlaku p a v oblasti prehriatej pary sa krivky prudko obracajú nadol. Znázornené je to na obrázku č. 2.4



Obrázok č. 2.4 Krivky rovnakej teploty v $p-h$ diagrame

Krivky rovnakého merného podielu pary [x]

Krivky rovnakom obsahu pary zbiehajúce sa v kritickom bode rozdeľujú oblasť mokrej pary na pomerne diely kvapaliny a sýtej pary. To znamená, že krivky suchosti x udávajú koľko dielov pary a koľko dielov kvapaliny má mokrá para v tom ktorom bode diagramu v oblasti mokrej pary. Pozri obrázok č. 2.5



Obrázok 2.5 Krivky rovnakej merného obsahu pary v ln p-h diagrame.

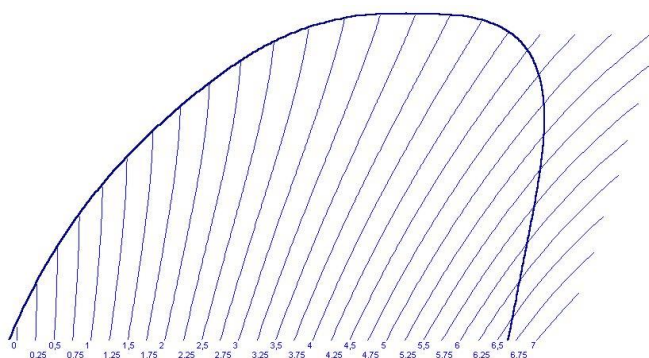
1 kvapalina, 2 mokrá para (vyparovanie), 3 prehriata para (prehrievanie plynu),
I kritický bod, II medzná krivka sýtej pary, III medzná krivka sýtej kvapaliny
X čiara konštantnej suchosti mokrej pary

Oblasť kvapaliny (1): Teplota kvapaliny je pod bodom varu. Ak je čistá kvapalina v bode (a) ohrievaná pri konštantnom tlaku, teplota sa bude zvyšovať

Nasýtená kvapalina: Kvapalina dosiahla jej bod varu (t_s). Teplota varu známa tiež ako teplota nasýtenia závisí od tlaku. Medzná krivka kvapaliny, (III na obrázku 2.5) označuje body varu kvapaliny pri rôznych tlakoch.

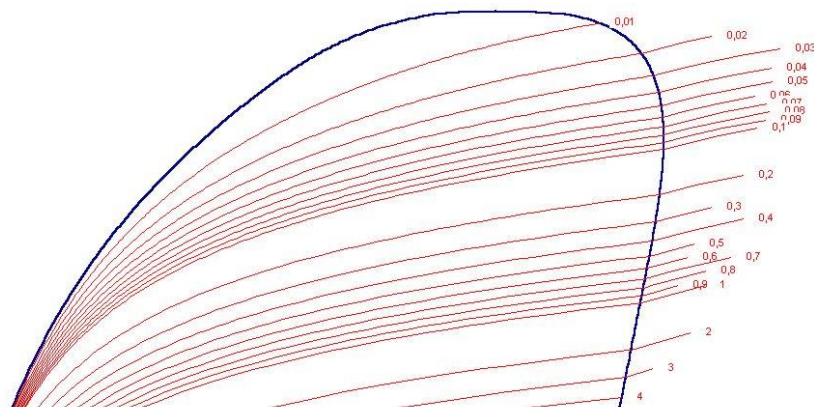
Krivky rovnakej entropie [s]

Krivky rovnakej entropie predstavujú tepelný proces, podľa ktorého prebieha tzv. adiabatická kompresia. Za ideálnych podmienok (*keby výmena tepla s okolím bola nulová*) by kompresia pár chladiva prebiehala po krivke rovnakej entropie. Krivky rovnakej entropie tvoria tiež akýsi vejárovitý systém kriviek, nelomia sa však na medznej krivke sýtej pary, ale pokračujú do oblasti prehriatej pary v rovnakom smere. Pozri obrázok č. 2.7



Obrázok 2.7 Krivky rovnakej entropie v p-h diagrame

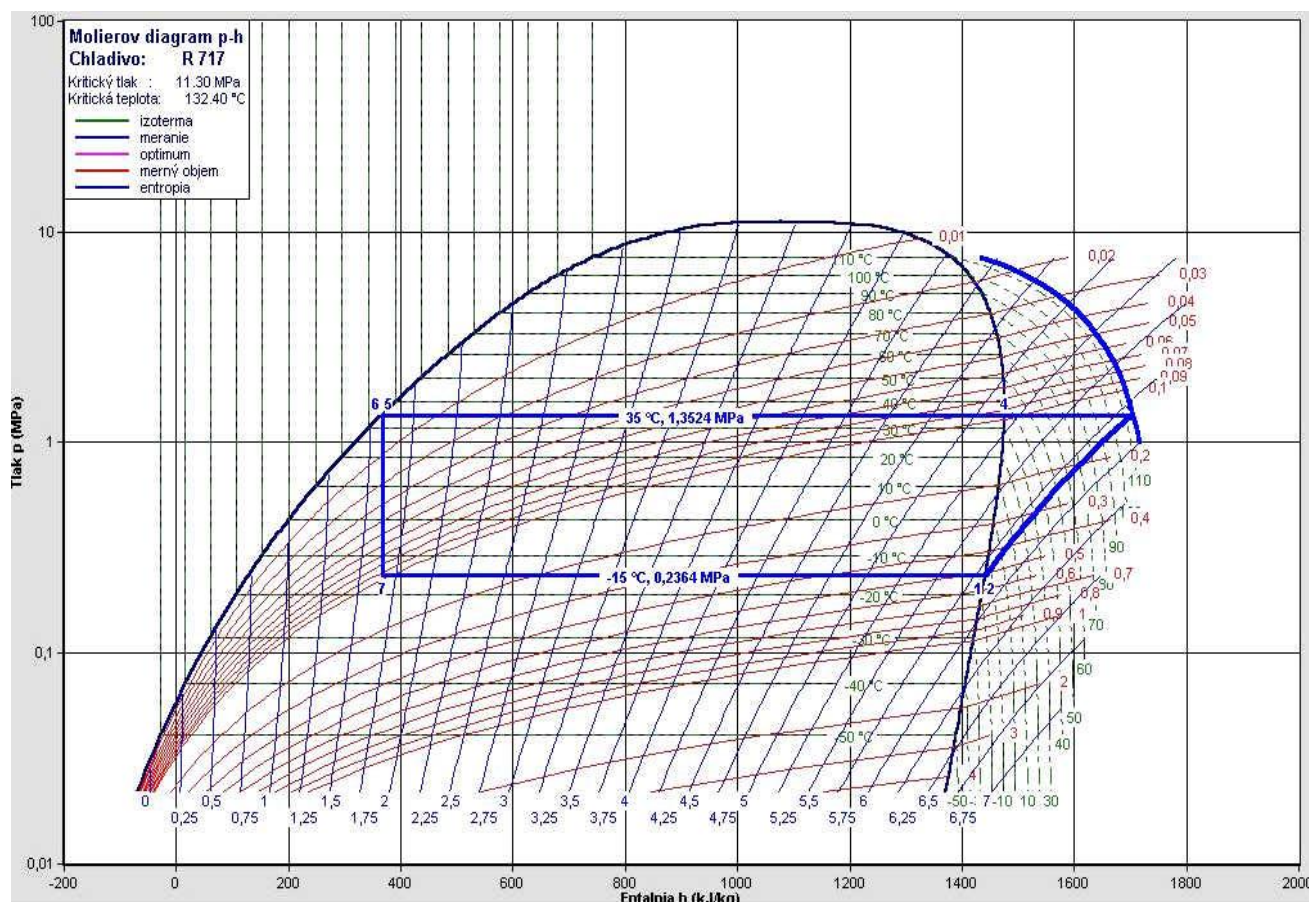
Tieto krivky sa vejárovite rozbiehajú z ľavého okraja oblasti mokrej pary a lomí sa na medznej krivke sýtej pary, takže v oblasti prehriatych pár majú oproti oblasti mokrej pary väčšie stúpanie. Pozri obrázok č. 2.8



Obrázok 2.8 Krivky rovnakého merného objemu v p-h diagrame

Pre ktorýkoľvek stav chladiva v diagrame môžeme odčítať jeho teplotu $[t]$, tlak $[p]$, merný objem $[v]$, entalpiu $[h]$, entropiu $[s]$ a v oblasti mokrej pary tiež merný obsah pary $[x]$.

Na obrázku č. 2.9 je znázornený Mollierov diagram pre amoniak R717 so všetkými prislúchajúcimi krivkami tepelného diagramu p-h a vyznačeným chladiacim obchodom.



Obrázok 2.9 Mollierov tepelný diagram amoniaku R717

Objemová chladivosť

Množstvo tepla, ktoré z výparníka odvedie hmotnostná alebo objemová jednotka vyparujúceho sa chladiva nazýva hmotnostná alebo objemová chladivosť.

Hmotnostná chladivosť sa rovná rozdielu entalpie chladiva opúšťajúceho výparník mínus entalpia chladiva na vstupe do výparníka. Veľkosť objemovej chladivosti je daná vzťahom:

$$\text{Objemová chladivosť} = \frac{\text{hmotnostná chladivosť}}{\text{merný objem chladiva na výstupe z výparníka}} \quad (\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (3.1)$$

Potom pre vystupujúcu sýtu paru v bodoch 1, 1', 1'' sa dá podľa obrázku č. 3.2 hmotnostná q_o a objemová chladivosť q_v vypočítať

$$q_o = h_1 - h_5 \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (3.2)$$
$$q_v = \frac{q_o}{v_1} = \frac{h_1 - h_5}{v_1} \quad q_v' = \frac{q_o'}{v_1'} = \frac{h_1' - h_5}{v_1'} \quad q_v'' = \frac{q_o''}{v_1''} = \frac{h_1'' - h_5}{v_1''} \quad (\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3})$$

Do chladivosti sa zahŕňa iba teplo, ktoré chladivo prijme vo výparníku, takže prehriatie v sacom potrubí, odlučovači kvapaliny a pod sa na veľkosti mernej chladivosti nepodieľa.

Skutočný priebeh vyparovania sa od vyššie popísaného teoretického priebehu líši predovšetkým vo dvoch prípadoch:

1. pri vare chladiva vo väčšom objeme nie je tlak chladiva vo všetkých miestach rovnaký. Okrem tlaku, ktorý udržiava kompresor a ktorý je iba na hladine, pôsobí na chladivo aj hydrostatický tlak kvapalného stĺpca. S vplyvom hydrostatického tlaku, ktorý spôsobuje, že s výškou sa vo vrstve kvapaliny mení teplota a vyparovací tlak, je potrebné počítať predovšetkým u chladív s väčšou hodnotou mernej hmotnosti, pri nižších teplotách varu a samozrejme pri väčších výškach kvapalinového stĺpca.
2. pri vare chladiva pri jeho súčasnom prietoku výparníkom vytvoreným v podobe dlhej rúrky vznikajú tlakové straty, ktoré môžu tiež značne ovplyvniť teplotu varu. U výparníkov tohto typu sa môže ešte prejavovať vplyv meniacej sa koncentrácie oleja, čo tiež ovplyvní teplotu varu.

Stav pár v saní kompresora

Para nasávaná kompresorom môže byť obecné mokrá, sýta alebo prehriata. V Rankinovom obehu sa uvažuje nasávanie sýtej pary o rovnakom stave, v akom opustila výparník. V skutočnom prípade závisí stav pary v saní kompresora nie len od toho, aký stav mala para na výstupe z výparníka, ale tiež na tom, akým vplyvom bola vystavená pri prúde ku kompresoru. Stav pary v saní kompresoru ovplyvňujú nie len tlakové a tepelné straty v sacom potrubí, ale tiež zariadenia zabudované v okruhu medzi výparníkom a kompresorom, napr. odlučovač kvapaliny, výmenník tepla, regulačný škrtiaci ventil, resp. dodatočne zvlhčovanie pary nástrekom kvapalného chladiva do sania kompresora.

S rastúcim prehriatím pary vo vlastnom výparníku rastie entalpia vystupujúcej pary a tým aj hmotnostnej chladivosti. Súčasne rastie aj merný objem pary a pretože tento vzrast je rýchlejší než u hmotnostnej chladivosti, klesá objemová chladivosť. V oblasti mokrej pary závisí priebeh objemovej chladivosti od druhu chladiva.

S rastúcim prehriatím rastie adiabatická kompresná práca a teplota pár po kompresii. Chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo), definované ako pomer hmotnostnej chladivosti a adiabetickej kompresnej práce, ktorým sa hodnotí hospodárnosť obehu má v závislosti od druhu chladiva s rastúcou teplotou prehriate pary rôzne hodnoty.

Pri posudzovaní len z hľadiska tepelnej výkonnosti môže byť u niektorých chladív výhodne nasávať kompresorom mokrú paru. Tak napr. u amoniaku najväčšie výkonové číslo sa dosahuje pri nasávaní mokrej pary mernej suchosti približne 0,8. Z prevádzkového hľadiska je však veľmi náročné vykonávať kontrolu a riadenie suchosti v oblasti mokrej pary, lebo je tu trvalé nebezpečie, že pri nasatí príliš veľkého množstva kvapaliny môže dôjsť ku tlakovým rázom v kompresore.

Prehriatie pár amoniaku vo výparníku nad teplotu sytosti sa môže javiť ako nevýhodné. Tento záver sa však nedá považovať ani pre iné chladiva za jednoznačný, lebo je potrebné prihliadať tiež k ďalším skutočnostiam, a to predovšetkým:

- typ výparníka. Suché výparníky vyžadujú pri bežnej prevádzke určité prehriatie pár nutné pre uskutočnenie regulácie prívodu chladiva pomocou termostatického expanzného ventilu,
- či neboli používané zvlášťne výmenníky pre ochladenie kvapalného chladiva pred škrténím alebo či prehriatie vzniklo v sacom potrubí, či nevzniklo prehriatie pri chladení vinutia elektromotora u hermetických a polohermetických kompresoroch,
- ako pôsobí prehriatie na dopravnú účinnosť kompresora, ako ovplyvňuje prehriatie pár pri nízkych teplotách voľbu materiálu pre časti vystavené teplote nasávaných pár,
- ako sa s rastom prehriatia zvyšuje teplota na konci kompresie a vplyv tejto teploty na časti kompresoru, mazací olej a chladivo, dĺžka a izolácia sacieho potrubia.

Z uvedeného je zrejmé, že stav nasávaných pár sa prípad od prípadu mení. Všeobecne je u amoniaku vzhľadom na používané typy výparníkov dávaná prednosť nasávaniu sytej pary. Použitím syntetických chladív vo výparníkoch s priamou expanziou sa pary prehrievajú.

Kompresia

Ako bolo uvedené v úvodnej kapitole, kompresia prebieha vo valci piestového kompresora polytropicky pri súčasnej výmene tepla s okolím, pričom sací tlak je nižší než tlak vyparovací, výtlačný naopak vyšší než tlak kondenzačný. Obecne tiež platí, že kompresor nenasáva sytu paru.

Kondenzácia

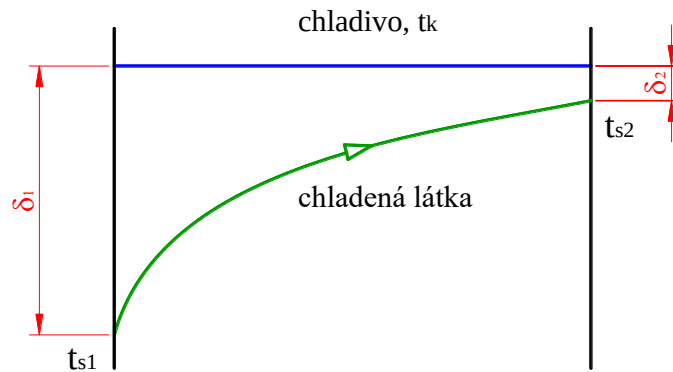
V kondenzátoroch chladiaceho zariadenia odvádzame z okruhu teplo do chladiacej látky, ktoré býva najčastejšie voda alebo vzduch. Aby teplo mohlo prejsť z chladiva cez teplovýmennú plochu do tejto látky je potrebné, aby teplota chladiacej látky bola vo všetkých miestach kondenzátorov nižšia, ako je teplota kondenzačná.

V teoretickom Rankinovom cykle predpokladáme priebeh kondenzácie za stáleho tlaku, čo je veľmi dobre splnené aj pri skutočnom obehu. Pretože odchádzajúca para z kompresora je parou prehriatou, vlastná kondenzácia má dve fázy:

1. ochladenie prehriatej pary na medzu sýtosti
2. vlastné skvapalnenie na stav 4, ktorý leží na dolnej medzi krivky.

Tieto dve fázy v zaplavenom kondenzátore neprebiehajú oddelene v celej hmote. Kondenzujú ihneď akonáhle sa dostanú do styku s teplovýmennou plochou nižšej teploty, než je teplota sýtosti za daného tlaku prevládajúceho v kondenzátore.

V teplotnom diagrame na obrázku č. 3.3 znázorňujúcom priebeh teplôt chladiva a chladiacej látky v kondenzátore nie je nakreslená zmena prehriata para – sýta para, to znamená, že chýba teplotná zmena medzi bodmi 2 a 3 podľa obrázku 3.2.



Obrázok 3.3 Priebeh teplôt v kondenzátore

Teplo, ktoré je potrebné odviešť pri kondenzácii jedného kilogramu chladiva, je dané rozdielom entalpií na vstupe a výstupe z kondenzátora, takže platí

$$q_k = h_2 - h_4 \quad (\text{kJ.kg}^{-1}) \quad (3.3)$$

V teoretickom Rankinovom obehú sa dá tiež písať

$$\frac{q_k}{q_o} = \frac{q_o + w_{iz}}{q_o} = 1 + \frac{1}{EER} \quad (\text{kW.kW}^{-1}) \quad (3.4)$$

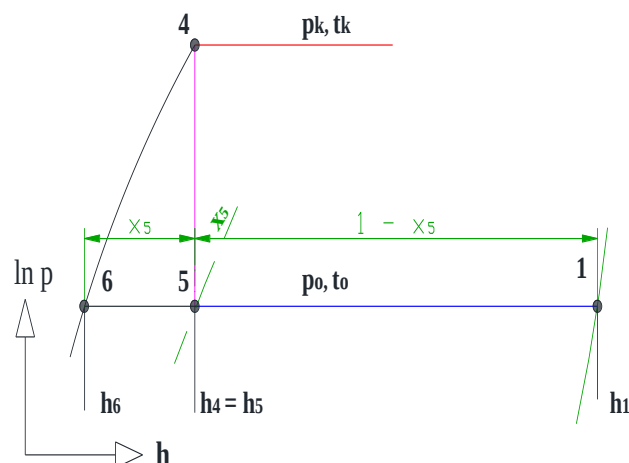
Tento pomer sa nazýva čerpací pomer a jeho číselné hodnoty bývajú uvedené v tabuľkách chladív. V predchádzajúcom popise bolo predpokladané, že kondenzácia prebieha za tlaku nižšieho než je kritický tlak použitého chladiva. Tento predpoklad je splnený u väčšiny používaných chladív.

Redukcia tlaku

Pred zavedením do výparníka musí kvapalné chladivo znížiť svoj tlak z kondenzačného na vyparovací. Teoreticky by bolo možné tohto zníženia tlaku dosiahnuť v expanznom stroji pri súčasnom konaní vnútornej práce. Získaná práca je však v porovnaní s prácou potrebnou ku kompresii veľmi malá. S ohľadom na túto skutočnosť a s prihliadnutím ku zložitosti konštrukcie expanzného stroja sa tento spôsob zníženia tlaku v parnom obehú nepoužíva.

Bežne používaným a prakticky jediným spôsobom zníženia tlaku je škrtenie (expanzia). Pretože pri škrtení kvapaliny nie je konaná žiadna práca a kvapalina sa pri teoretickom obehú neprivádza teplo,

nemení sa pri škrtení entalpia. Proces škrtenia, ktorý prebieha v škrtiacom ventile alebo kapiláre, je znázornený v tepelnom diagrame úsečkou 4-5 (Obrázok č. 3.4).



Obrázok 3.4 Priebeh teplôt, tlakov pri škrtení (expanzii) chladiva

Z obrázku je zrejmé, že škrtением sýtej alebo podchladenej kvapaliny vznikne vždy mokrá para. Aby po zoškrtení vznikla vriaca kvapalina, musel byť tlak kvapalného chladiva prechodom škrtiacim orgánom znížený na tlak odpovedajúci teplote varu.

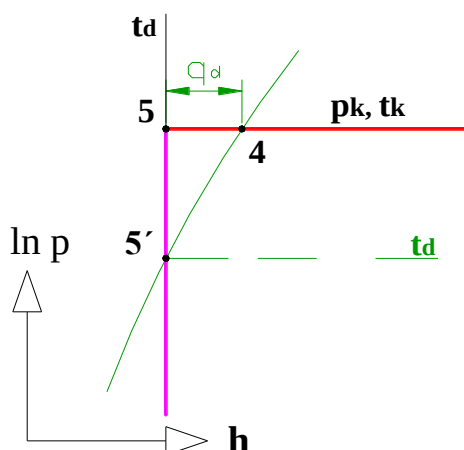
Mokrá para stavu 5 má suchosť x_5 , to znamená, že obsahuje podiel mokrých pár

$$x_5 = \frac{h_5 - h_6}{h_1 - h_6} \quad (\text{kg.kg}^{-1}) \quad (3.5)$$

$$1 - x_5 = \frac{h_1 - h_6}{h_1 - h_6} \quad (\text{kg.kg}^{-1}) \quad (3.6)$$

Podchladzovanie

Podchladzovaním, resp. dochladzovaním kvapaliny rozumieme ochladenie kvapaliny z teploty kondenzačnej na teplotu nižšiu, než je teplota kondenzácie. Graficky je podchladenie q_d znázornené na obrázku č. 3.5



Obrázok 3.5 Priebeh podchladzovania v p-h diagrame

Tento pochod prebieha po izobare medzi bodmi 4 a 5 a teplo, odvedené 1 kilogramom chladiva pri dochladzovaní je dané vzťahom

$$q_d = h_4 - h_5 \quad (\text{J.kg}^{-1}) \quad (3.7)$$

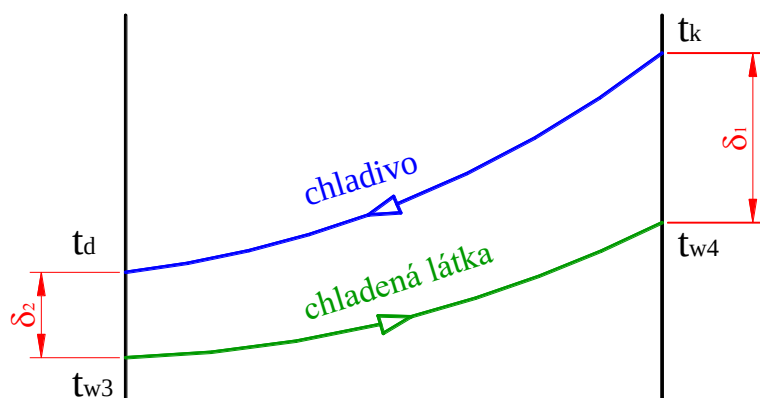
O toto množstvo tepla vzrastie súčasne tiež hmotnostná chladivosť. Pretože pri tlaku dostatočne vzdialených od tlaku kritického sú izotermly v oblasti kvapaliny približne zvislé priamky, nie sú tieto u väčšiny diagramov chladív kreslené. Bod 5, značiaci v tepelnom diagrame koniec dochladzovania, sa potom nájde ako priesečník izobary p_k a izotermly t_d . Entalpia h_5 sa dá potom buď odčítať z tepelného diagramu alebo s ohľadom na to, že v parnej tabuľke chladiva sú vyznačené entalpie vriacej kvapaliny, odčítať v parnej tabuľke namiesto entalpie h_5 , entalpiu h_5' , lebo platí $h_5 = h_5'$.

Zvýšením chladivosti použitím dochladenia kvapalného chladiva sa pre rovnaký chladiaci výkon znižuje obiehajúce množstvo chladiva a tým tiež príkon kompresora. Tým rastie chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo). Vedľajším dôsledkom je prípadne zmenšenie rozmerov kompresora a potrubia. Na druhej strane v stavajúcich zariadeniach zavedenie podchladenia chladiva má za následok zvýšenie výkonu zariadenia. Proti týmto ziskom stoja iba navyše náklady za podchladzovač a príp. za chladiacu vodu. Použitie dochladzovača je tak otázkou nielen technickou, ale aj ekonomickou.

Podchladenie kvapalného chladiva môže byť vykonané nasledujúcimi spôsobmi:

Podchladzovanie vodou

Ak je k dispozícii chladnejšia voda než pre kondenzátor, sa vykonať dochladenie kvapalného chladiva vo výmenníku tepla zvanom dochladzovač, ktorý je v okruhu umiestnený za kondenzátorom. Konečná teplota chladiva za dochladzovačom je daná množstvom a teplotou chladiacej vody a veľkosťou a usporiadaním teplovýmennej plochy. Priebeh teplôt chladiva a vody pozdĺž teplovýmennej plochy pre protiprúdové usporiadanie dochladzovača je znázornený na obrázku č. 3.6.



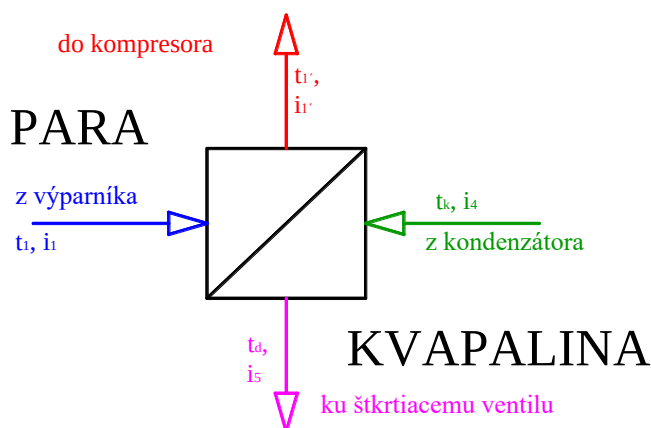
Obrázok č. 3.6 Priebeh teplôt pri podchladzovaní v protiprúdom dochladzovači

Hydraulické straty, ktoré vznikajú pri prietoku chladiva dochladzovačom, nie je možné počítať medzi energetické straty okruhu, pretože iba znižujú tlakový rozdiel, ktorý sa rovnako marí škrtením. Ekonomická bilancia hovorí v prospech tohoto spôsobu dochladzovania, ktorý sa preto veľmi často používa tam, kde je chladiaca voda požadovaných vlastností k dispozícii. Pri vlastnom zapojení je ale

potrebné zvážiť tiež pomery v zimnom období, kedy napr. povrchová voda môže byť pre kondenzátor značne chladnejšia než studničná voda pre dochladzovanie.

Podchladzovanie parami chladiva

K podchladzovaniu kvapalného chladiva pred škrtiacim orgánom je možné tiež použiť pary chladiva, ktoré opúšťajú výparník s teplotou vyparovacou. Tým dochádza k tzv. vnútornej výmene tepla. Schéma zapojenia, spolu s teplotným diagramom sú uvedené na obrázku 3.7



Obrázok 3.7 Schéma ochladzovača, v ktorom kvapalné chladivo je podchladzované parami chladiva

Kvapalné chladivo prechádzajúce z kondenzátora je vo výmenníku ochladzované z teploty t_k na t_d , para sa prívodom tepla ohreje z t_1 na t_1' . Pretože teplo sa zdieľa medzi kvapalinou a parami chladiva, pričom množstvo pretekajúce za jednotku času je v oboch prípadoch rovnaké, musí platiť

$$q_d = h_4 - h_5 = h_1 - h_1', \quad (\text{kJ.kg}^{-1})$$

Tento spôsob podchladzovania kvapalného chladiva je výhodný s chladivami, ktorých adiabaty sú strmé, pretože potom ich objemová chladivosť rastie rýchlejšie než kompresná práca a výkonové číslo rastie. Túto vlastnosť nemajú však všetky chladivá. Veľmi vhodným chladivom je chladivo R404A. Naopak nevhodným chladivom je napríklad R22.

Tohto spôsobu dochladzovania sa používa v napríklad v prípadoch veľmi nízkych výparných teplôt, dlhých sacích potrubí, a podobne. Kontrolovať sa musí výtlačná teplota, ktorá rastie.

Podchladzovanie vriacou kvapalinou

Kvapalné chladivo sa dá podchladzovať tiež vo zvláštnom výmenníku, ktorý z hľadiska svojej funkcie je výparníkom rovnakého alebo iného samostatného obehu.

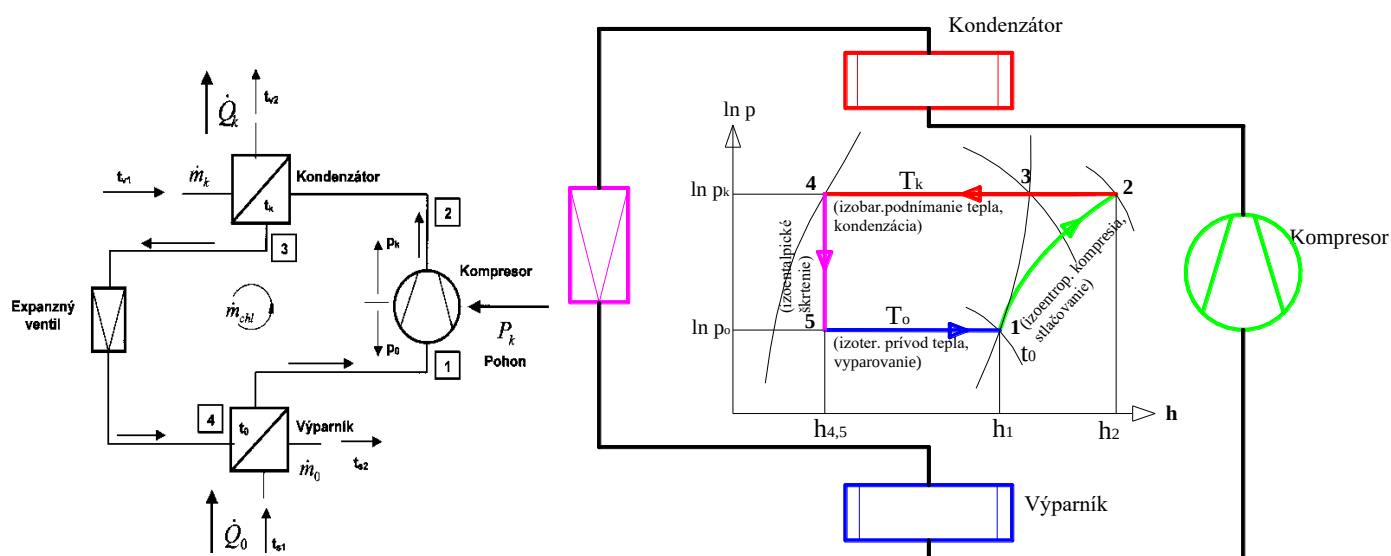
- Prvý z uvedených prípadov je uskutočnený v nepriechodných stredotlakých nádobách.
- Druhom prípade je dochladzovačom výparník vložený pomocného okruhu. Tohto zapojenia sa používa väčšinou aj pri rekonštrukciách, s cieľom zvýšiť výkon stavajúceho zariadenia.

Možné je tiež kombinovať navzájom vyššie popísané spôsoby dochladzovania kvapalného chladiva.

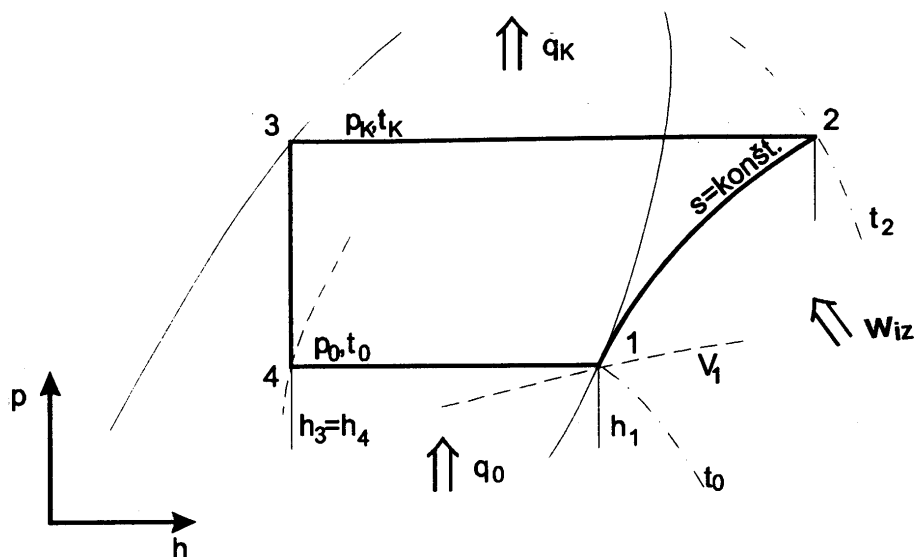
4. Teória parného obehu v ln p-h diagrame

Parným obehom nazývame taký cyklus, u ktorého je chladiaci účinok dosiahnutý vyparovaním chladiva vo výparníku, pričom na odsávanie pár a ich stlačení je použitý kompresor piestový alebo lopatkový. Chladivo musí byť stláčané na taký tlak, aby bolo schopné kondenzácie odvádzaním tepla do prostredia, ktoré je k dispozícii (vzduch, voda a pod.).

Základná schéma je znázornená na obrázku č. 4.1.



Obrázok 4.1, 4.2 Základná schéma zapojenia parného obehu zobrazená v ln p-h diagrame



Obrázok 4.3 C-Rankinov chladiaci obeh v p-h diagrame

Ochladzovaná látka je privádzaná do výparníka, v ktorom sa vyparujúcim chladivom odníma teplo, takže teplota chladenej látky klesá. Vzniknuté pary chladiva sú odsávané z výparníka kompresorom, stláčané na tlak kondenzačný a v kondenzátore skvapalnené. Kvapalné chladivo je po znížení tlaku privádzané do výparníka k doplneniu vyparujúceho chladiva. Tým je celý kruhový cyklus uzatvorený.

Ak označíme teplo privádzané do chladiva vo výparníku, teplo z okruhu odvedené v kondenzátore a izoentropický príkon kompresora, pri zanedbaní tepelných a tlakových strát v spojovacom potrubí platí:

$$\dot{Q}_0 + P_{iz} = \dot{Q}_k \quad (\text{kW}) \quad (4.1)$$

resp. pre jednotkový hmotnostný tok (1 kg.s^{-1}):

$$q_0 + w_{iz} = q_k \quad (4.2)$$

Praktické výpočty chladiacich obehov na základe ideálneho C-Rankinovho obehu sa vykonávajú pomocou hodnôt entalpií chladiva v jednotlivých miestach obehu, preto pre znázornenie a základný výpočet sa používa p - h diagram, C-Rankinov beh podľa obrázku 4.1 je v tomto diagrame znázornený na obrázku 4.3.

Základné energetické bilancie jednotlivých častí chladiaceho obehu podľa obrázku 4.3 sú nasledovné:

1. Výparník - je výmenník tepla, v ktorom prechádza tepelný tok $\dot{Q}_0$ do chladiva, ktoré sa mení z mokrej pary stavu 4 na sýtu paru stavu 1, v zidealizovanom obeh. Je to proces izobarický.

Pre výparník platí základná energetická bilancia v tvare

$$\dot{m} \cdot (h_1 - h_4) = \dot{Q}_0 \quad (4.3)$$

Zo vzťahu (4.3) určujeme základnú hodnotu výpočtu chladiaceho obehu hmotnostný prietok chladiva výparníkom $\dot{m}$. Veličina $q_0 = h_1 - h_4 \text{ (J.kg}^{-1}\text{)}$ sa nazýva hmotnostná chladiivosť a predstavuje chladiaci výkon zariadenia pri hmotnostnom prietoku 1 kg.s^{-1} látky. Chladiaci výkon zariadenia vzťahnutý na objemovú jednotku sýtej pary odchádzajúcej z výparníka (stav 1 na obrázku 4.3) sa nazýva objemová chladiivosť $q_v \text{ [J.m}^{-3}\text{]}$ a platí:

$$q_v = \frac{q_0}{v_1} = \frac{h_1 - h_4}{v_1} \quad (4.4)$$

2. Kompresor - účelom tohto zariadenia je odsávať pary z výparníka v objeme odpovedajúcom ich hmotnosti a hustote príslušnej požadovanému vyparovaciemu tlaku a stláčať na kondenzačný tlak p_k , pri ktorom pary kondenzujú.

V C-Rankinovom obeh predpokladáme izoentropický priebeh kompresie sýtej pary a preto pre špecifickú izoentropickú kompresnú prácu platí:

$$w_{iz} = h_2 - h_1 \quad (4.5)$$

a pre izoentropický príkon kompresora

$$P_{iz} = \dot{m} \cdot w_{iz} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \quad (4.6)$$

Potom je možné na základe vzťahu (4.15) vyjadriť chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo) pre C-Rankinov obch

$$EER(R) = \frac{\dot{Q}_0}{P_{iz}} = \frac{q_0}{w_{iz}} \quad (4.7)$$

3. Škrtiaci orgán - pochodu škrtenia sa pre realizačnú jednoduchosť dáva prednosť pred expanziou v pracovnom stroji (detander), ktorá je síce teoreticky hospodárnejšia, ale zložitá a málo účinná. Prietokový odpor škrtiaceho orgánu sa rovná tlakovému rozdielu $p_k - p_0$ a je spôsobený podstatným zúžením prietokového prierezu v jednom mieste (škrtiaci ventil), alebo na väčšej dĺžke (kapilárna rúrka). Ako už bolo uvedené, je na základe termodynamického odvodenia možné uvažovať, že entalpia chladiva sa pri škrtení nemení, teda platí $h_3 = h_4$.

4. Kondenzátor - je výmenník tepla, v ktorom dochádza ku kondenzácii pracovnej látky, ktorej sa odoberá chladiacou látkou aj prehrievacie teplo. Na *obrázku 2.9* je pochod kondenzácie znázornený čiarou konštantného tlaku 3 - 6. Množstvo tepla, ktoré je v kondenzátore z chladiva odvedené, vyjadríme vzťahom

$$\dot{Q}_k = \dot{m} \cdot q_k = \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \quad (4.8)$$

kde pre veličinu q_k (hmotnostný tepelný výkon kondenzátora)

$$q_k = h_2 - h_3 = (h_2 - h_1) + (h_1 - h_4) = w_{iz} + q_0 \quad (4.9)$$

Podchladenie kvapalného chladiva

Podchladenie kvapalného chladiva (jeho izobarické ochladenie na teplotu t_d nižšiu, ako je kondenzačná teplota t_k), má za následok zväčšenie hmotnostnej aj objemovej chladivosti. Tento pochod prebieha vo výmenníku zaradenom medzi kondenzátor a škrtiaci orgán. Podchladenie je možné uskutočniť dvoma spôsobmi:

1. Odvádzaním podchladzovacieho tepla $\dot{Q}_d$ mimo okruh, ak je k dispozícii látka chladnejšia ako pre odvádzanie tepla z kondenzátora. Schéma takéhoto okruhu, tepelný diagram a priebeh teplôt je znázornený na *obrázku 4.4*.

Pre tepelný výkon podchladzovača platí:

$$\dot{Q}_d = \dot{m} \cdot q_d = \dot{m} \cdot (h_3 - h_4) \quad (4.10)$$

Hmotnostná chladivosť sa zväčšila na hodnotu $q_0 = (h_1 - h_4) = (h_1 - h_5) = q_0^* + q_d$, kde $q_0^* = h_1 - h_6 = h_1 - h_3$.

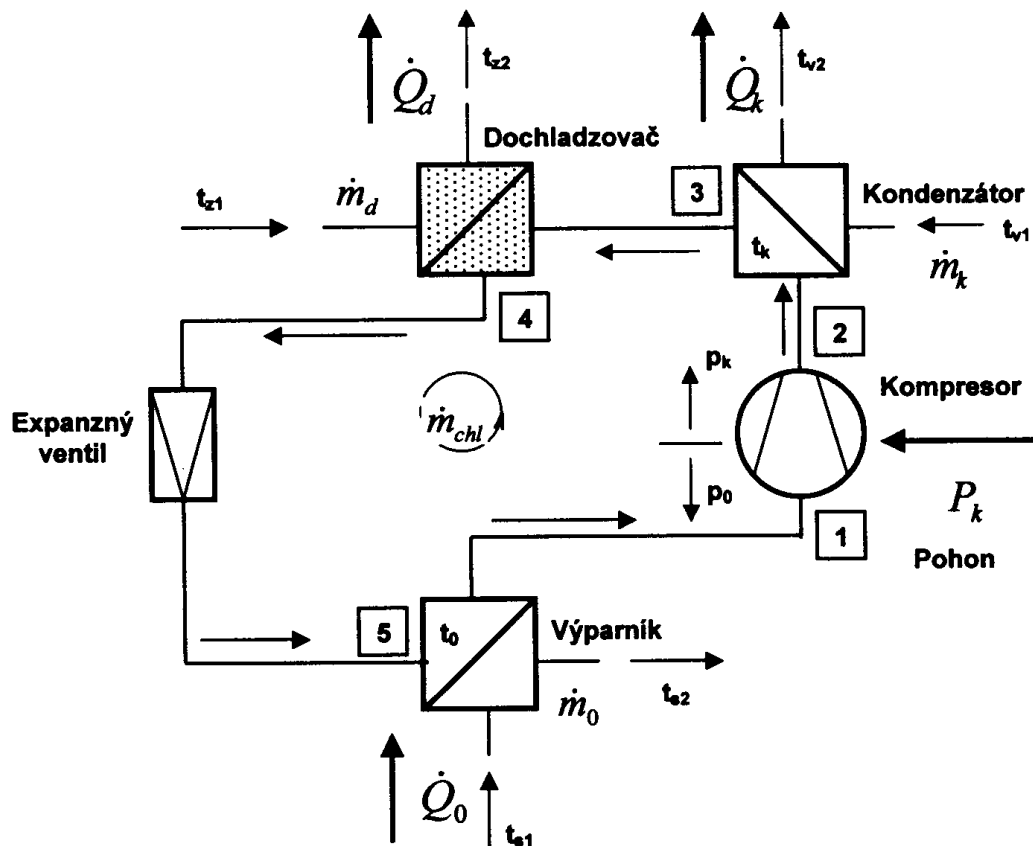
Pre daný chladiaci výkon $\dot{Q}_d$ sa zníži hmotnostný prietok chladiva na

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_0}{q_0} = \frac{\dot{Q}_0}{q_0^* + q_d} \quad (4.11)$$

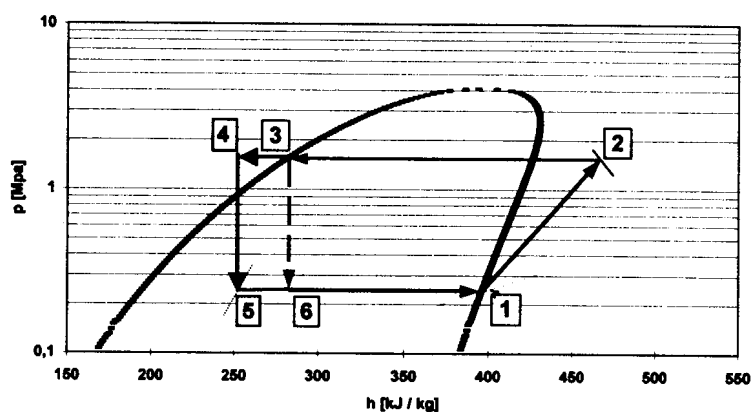
a tým aj príkon kompresora na:

$$P_{iz} = \dot{m} \cdot w_{iz} = \frac{\dot{Q}_0}{q_0^* + q_d} \cdot w_{iz} \quad (4.12)$$

Z uvedeného vyplýva, že chladiaci súčiniteľ takéhoto obehu v porovnaní s obehom bez dochladzovania kvapalného chladiva sa zväčšil.



Obrázok 4.4 Jednostupňový parný obeh s dochladzovačom kvapaliny

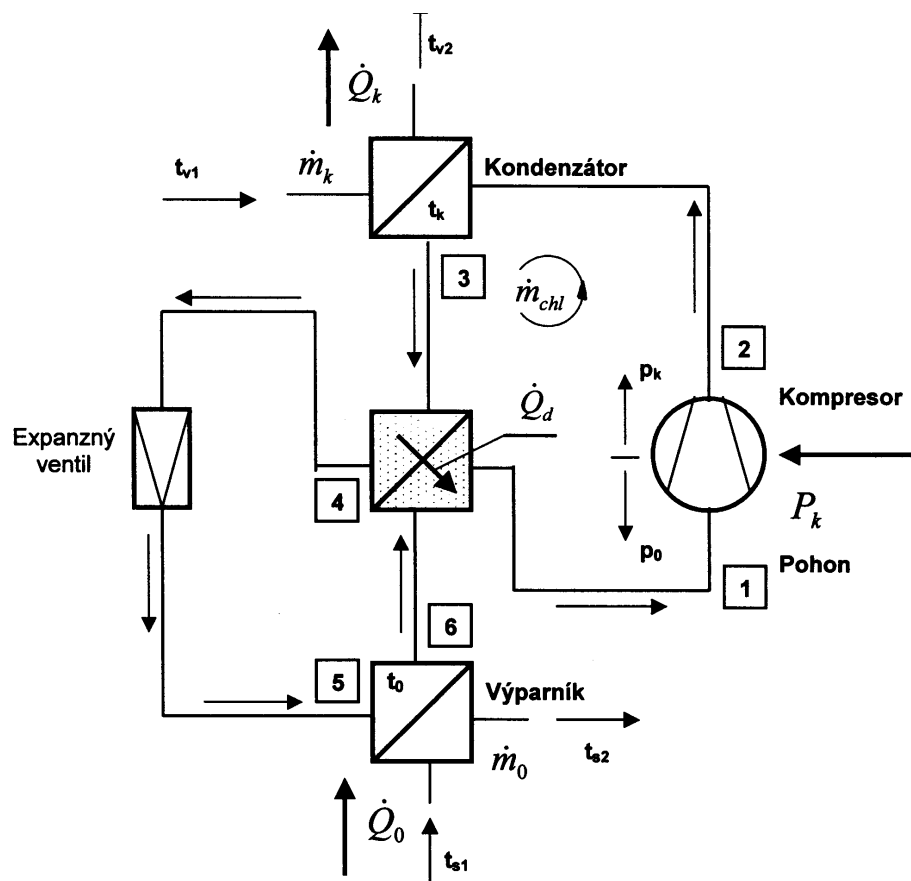


Obrázok 4.5 Jednostupňový parný obeh s dochladzovačom kvapaliny v ln p-h diagrame

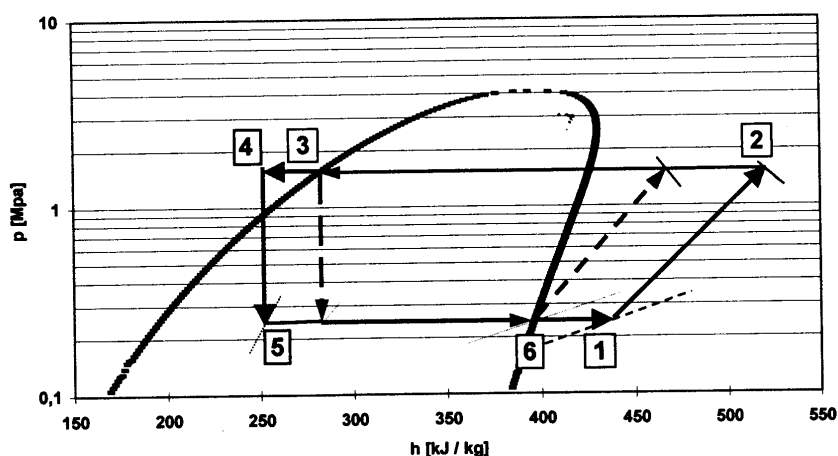
2. Odvedením podchladzovacieho tepla $\dot{Q}_d$ do pár nasávaných z výparníka do kompresora - tzv. vnútornou výmenou tepla.

Schéma takéhoto obehu, tepelný diagram a priebeh teplôt v dochladzovači je na *obrázku 4.6* a pre tepelný výkon dochladzovača platí:

$$\dot{Q}_d = \dot{m} \cdot q_d = \dot{m} \cdot (h_3 - h_4) = \dot{m} \cdot (h_1 - h_6) \quad (4.13)$$



Obrázok 4.6 Jednostupňový parný obeh s vnútornou výmenou tepla



Obrázok 4.7 Jednostupňový parný obeh s vnútornou výmenou tepla v lnp-h diagrame

Podchladením sa zväčšila hmotnostná chladivosť na $q_0 = (h_6 - h_5) = q_0^* + q_d$, kde $q_0^* = h_6 - h_3$, ale následkom priebehu izoentrop vzrástla aj špecifická izoentropická kompresná práca $w_{iz} = h_2 - h_1$.

Chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo) (EER) takéhoto obehu je potom

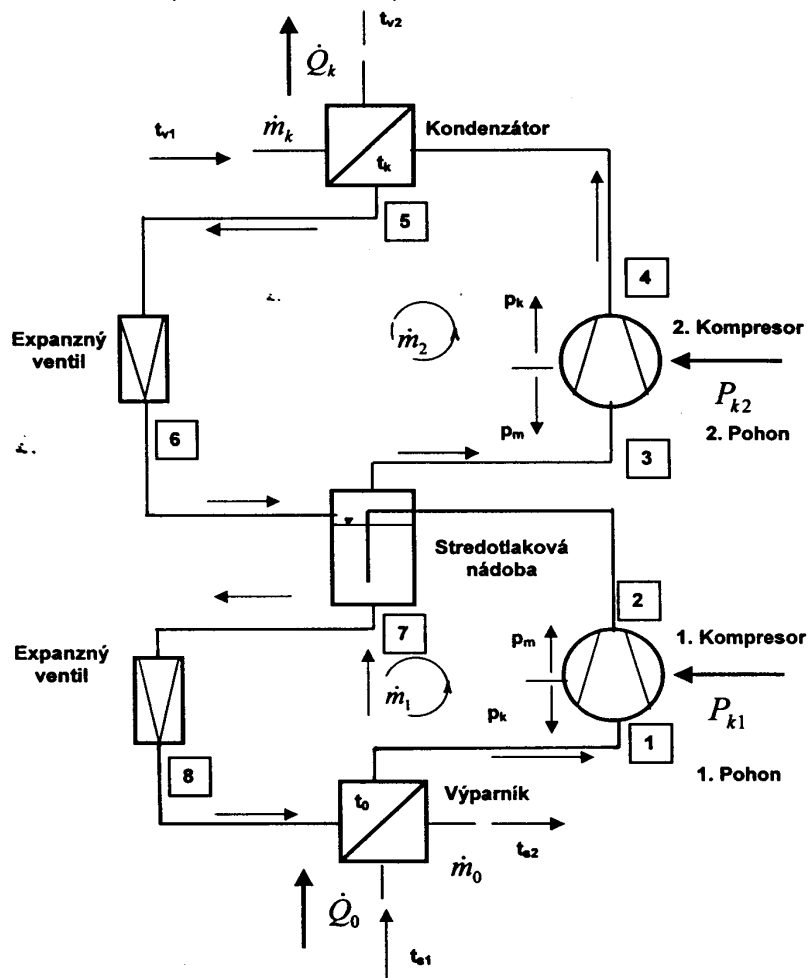
$$EER = \frac{q_0 (> q_0^*)}{w_{iz} (> w_{iz}^*)} \quad (4.14)$$

a pre jeho veľkosť bude rozhodujúce, ktorá z veličín sa následkom vnútornej výmeny tepla viacej zmení. To závisí od druhu chladiva a pracovnej teploty.

Viacstupňové zapojenia

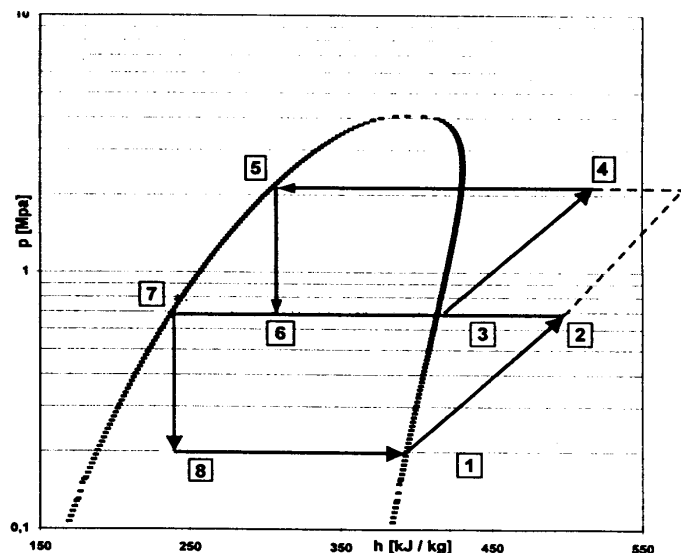
Jednostupňový spôsob stlačenia chladiva nie je pre všetky, v praxi sa vyskytujúce prípady vhodný z týchto dôvodov:

1. Ak klesá výparná teplota rastie tlakový pomer p_k/p_0 čo spôsobuje rast výtlačnej teploty s negatívnym pôsobením na mazací olej a klesá hmotnostná aj objemová chladivosť (to vedie k zväčšeniu rozmerov kompresora) pri poklese dopravnej a mechanickej účinnosti, čo bude vysvetlené v ďalšej kapitole.
2. V niektorých praktických prípadoch sú potrebné dve a viac rôznych teplôt vyparovania (tzv. zariadenie s dvoma alebo viacerými chladiacimi povinnosťami – združené chladiace jednotky).



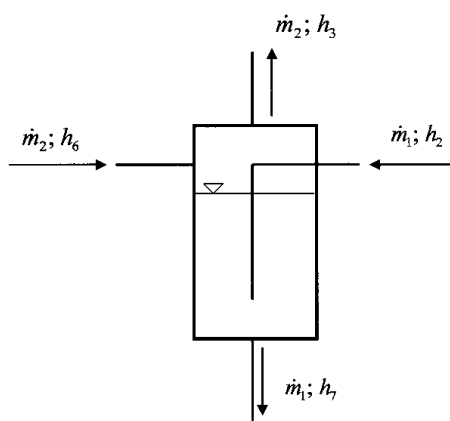
Obrázok 4.8

Obidva uvedené prípady sa riešia viacstupňovou kompresiou, pri ktorej sa kompresný pochod delí do viac stupňov s rovnakým kompresným pomerom medzi každým stupňom (pozri predchádzajúce kap.). Príklad dvojstupňového chladiaceho zariadenia s parným obehom v základnom usporiadaní s jednou chladiacou povinnosťou a priechodnou stredotlakovou nádobou je v schéme zapojenia na obrázku 4.8 a v lnp-h diagrame znázornený na obrázku 4.9.



Obrázok 4.9 Dvojstupňový parný obeh v základnom usporiadaní

Základný význam pre hospodárnosť viacstupňového obehu má schladenie pary chladiva medzi jednotlivými stupňami, ktorému je úmerná ušetrená práca na kompresiu. Tento pochod sa odohráva v zmiešavacom výmenníku, ktorý sa nazývame stredotlakou nádobou. Funkcia stredotlakej nádoby je schematický znázornená na obrázku 4.10.



Obrázok 4.10 Znázornenie pochodov v stredotlakovej nádobe

Postup výpočtu takéhoto chladiaceho zariadenia je nasledovný. Hmotnostný tok výparníkom a kompresorom I. stupňa určíme zo vzťahu:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_0}{h_1 - h_8} \quad (4.15)$$

Hmotnostný tok kompresorom II. stupňa a kondenzátorom vyplýva z tepelnej bilancie stredotlakej nádoby v tvare

$$\dot{m}_1 \cdot h_2 + \dot{m}_2 \cdot h_6 = \dot{m}_1 \cdot h_7 + \dot{m}_2 \cdot h_3 \quad (4.16)$$

z uvedeného vzťahu dostaneme pre hmotnostný tok II. stupňom:

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 \cdot \frac{h_2 - h_7}{h_3 - h_6} \quad (4.17)$$

Ďalší výpočet vyplýva z uvedených vzťahov pre jednostupňový obeh, pre tepelný výkon kondenzátora platí:

$$\dot{Q}_k = \dot{m}_2 \cdot q_k = \dot{m}_2 \cdot (h_4 - h_5) \quad (4.18)$$

Izoentropický príkon kompresora I. stupňa je

$$P_{iz,I} = \dot{m}_1 \cdot w_{iz,I} = \dot{m}_1 \cdot (h_2 - h_1) \quad (4.19)$$

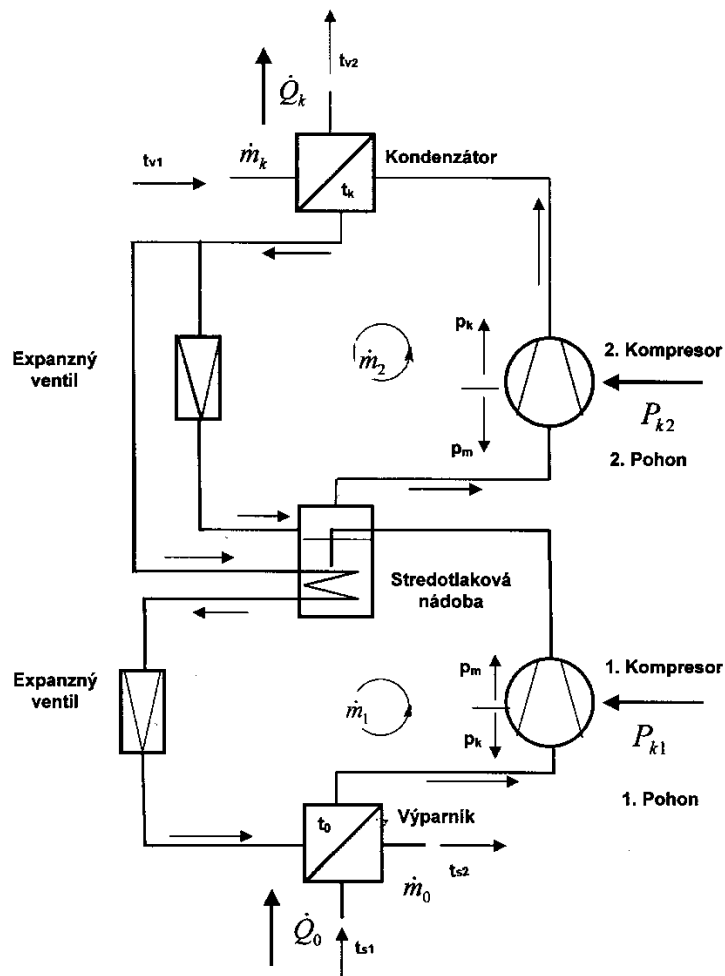
Izoentropický príkon kompresora II. stupňa:

$$P_{iz,II} = \dot{m}_2 \cdot w_{iz,II} = \dot{m}_2 \cdot (h_4 - h_3) \quad (4.20)$$

Chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo) obehu

$$EER = \frac{\dot{Q}_0}{P_{iz,I} + P_{iz,II}} \quad (4.21)$$

Na *obrázku 4.11* je schéma dvojstupňového zariadenia s parným kompresorovým obehom s nepriechodnou stredtlakovou nádobou. Výhodou takéhoto zapojenia je možnosť podchladenia vysokotlakovej kvapaliny, umožňujúce stabilnú a spoľahlivú funkciu regulačných prístrojov najmä vo výparníkoch umiestnených vo väčších vzdialenostiach od ostatných prvkov alebo vyššie ako je strojovňa zariadenia.



Obrázok 4.11 Dvojstupňový parný kompresorový obeh s nepriechodnou stredtlakovou nádobou

5. Základné výpočty chladiacich okruhov

Príklady výpočtov chladiaceho okruhu

Postupy výpočtov sú zamerané na sústredenie pracovných podkladov a samotné výpočty chladiacich okruhov jednostupňových bez a s ekonomizérom, chladiacich okruhov dvoj i viacstupňových. Hlavným používaným chladivom je amoniak a teplotonosné látky o rôznych hustotách.

Riešenie úloh z chladiacej praxe na konkrétnych príkladoch dodržiava nasledovný postup v desiatich bodoch:

1. Zakreslenie chladiaceho okruhu
2. Zakreslenie obehu v tepelnom diagrame
3. Zvolenie teplôt na výmenníkoch tepla
4. Načítanie hodnôt entalpií z tepelného diagramu
5. Pri zmiešavaní prúdov – výpočtové získanie entalpií
6. Výpočet obiehajúceho množstva chladiva
7. Výpočet tepelných výkonov výmenníkov
8. Výpočet kompresora a jeho výkonu, príkonu
9. Výpočet chladiaceho, vykurovacieho faktoru
10. Predpoklady : izoentropická kompresia, prehriatie, podchladenie nulové, zanedbanie tlakových strát, dopravnej účinnosti

Riešenie jednostupňového obehu bez ekonomizéra

1. Vyparovacia teplota, kondenzačná teplota,
2. Prehriatie, podchladenie
3. Obiehajúce množstvo chladiva
4. Izoentropický príkon kompresora
5. Kondenzačný výkon
6. Chladiaci súčiniteľ
7. Potrebný objemový výkon kompresora

Riešenie jednostupňového obehu s ekonomizérom

1. Tlak v ekonomizéri
2. Prietok chladiva výparníkom
3. Výkon ekonomizéra
4. Prietok chladiva o strednom tlaku
5. Prietok chladiva kondenzátorom
6. Zmiešanie prúdov v kompresore
7. Izoentropický príkon

Vo výpočtoch sa väčšinou uvažuje izoentropická kompresia a neprihliada sa k dopravnej účinnosti. Zanedbávajú sa tlakové straty vo výmenníkoch tepla a v potrubíach.

Hustota a špecifický objem látky:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [kg.m^{-3}]$$

$$\nu = \frac{V}{m} \left[m.kg^{-3} \right]$$

Prierez, priemer potrubia, objemový prietok, hmotnostný prietok

$$S = \frac{\pi.d^2}{4} \left[m^2 \right] \quad \dot{V} = S.w \left[m^3.s^{-1} \right] \quad \dot{m} = \dot{V}.\rho \left[kg.s^{-1} \right]$$

Stredná rýchlosť pri zrýchlení a

$$\nu = a.\tau \left[m.s^{-1} \right]$$

Sila a práca a výkon

$$F = m.a \left[N \right] \quad L = F.s \left[kJ \right] \quad P = L / \tau \left[W \right]$$

Teplo

$$\dot{Q} = m.c.(t_2 - t_1) \left[kJ \right]$$

Tepelný (chladiaci) výkon

$$\dot{Q} = \dot{m}.c.(t_2 - t_1) \left[kW \right]$$

Tepelné straty (zisky) cez stenu, plocha steny, súčiniteľ prechodu tepla

$$\dot{Q} = S.k.(t_0 - t_i) \left[kW \right] \quad S = L.H \left[m^2 \right] \quad k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{x}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_0}} \left[W.m^{-2}.K^{-1} \right]$$

Voľba súčiniteľ prestupu tepla

$\alpha = 9 W.m^{-2}.K^{-1}$ pre prúdenie vzduchu na vnútornej strane steny

$\alpha = 23 W.m^{-2}.K^{-1}$ pre prúdenie vzduchu na vonkajšej strane steny s vetrom strednej intenzity

$\alpha = 34 W.m^{-2}.K^{-1}$ pre prúdenie vzduchu na vonkajšej strane steny s vetrom vysokej intenzity

Súčiniteľ prechodu tepla cez viacvrstvovú stenu s hrúbkami x_1 až x_3

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{x_1}{\lambda_1} + \frac{x_2}{\lambda_2} + \frac{x_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_0}} \left[W.m^{-2}.K^{-1} \right]$$

Základná tabuľka premeny energetických jednotiek

Chladiaci výkon	1 kcal = 4,1868 J
Tlak	1 at = 0,1 MPa
Výkon	1 kcal.h ⁻¹ = 1,163 W
Výkon	1 kW = 860 kcal.h ⁻¹

Základná schéma jednostupňového okruhu bez podchladzovača, ktorý je najčastejšie používaným okruhom, je už zobrazený na Obrázok 3.2. Základné výpočtové vzťahy pre tento okruh sú :

- množstvo obiehajúceho chladiva

$$m = \frac{\dot{Q}_o}{q_o} = \frac{\dot{Q}_o}{h_1 - h_5} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

kde $\dot{Q}_o$ je požadovaný chladiaci výkon, daný napr. pri chladení kvapaliny bez zmeny skupenstva, vzťahom

$$\dot{Q}_o = \dot{m}_s c_{ps} \Delta t_s = \dot{m}_s c_{ps} (t_{s1} - t_{s2}) \quad (\text{kW})$$

- objem pár nasávaných kompresorom

$$\dot{V} = \dot{m} v_1 \quad (\text{kW})$$

- adiabatický príkon kompresora

$$\dot{P}_{iz} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (\text{kW})$$

- teplo odvedené z okruhu do chladiacej vody v kondenzátore

$$\dot{Q}_k = \dot{m}(h_2 - h_4) \quad (\text{kW})$$

Z uvedeného je zrejmé, že tepelný výpočet okruhu je možné vykonať po zakreslení do tepelného diagramu a odčítaní entalpií jednotlivých stavov chladiva. Pre zakreslenie je potrebné určiť tlak kondenzačný a vyparovací, ktorý sa volí tak, aby teplota varu chladiva bola o 3 až 5 stupňov nižšia, než je najnižšia teplota chladenej látky, teplota kondenzačná naopak o rovnaký teplotný spád vyššia, než je teplota oteplenej chladiacej látky opúšťajúcej kondenzátor. Tento teplotný spád je nutný k samovoľnému zdieľaniu tepla teplovýmennou plochou.

Veľkosť konečných teplotných spádov sa volí podľa podmienok využitia, pričom sa prihliada predovšetkým ku druhu chladenej látky, teplote varu respektíve k špeciálnym podmienkam prevádzky.

Ak je pre dané zariadenie potrebné stanoviť veľkosť teplovýmenných plôch a piestových kompresorov, sa dá použiť nasledujúcich vzťahov:

- veľkosť teplovýmennej plochy výparníka

$$S_v = \frac{\dot{Q}_o}{k_v \delta_{sv}} \quad (\text{m}^2)$$

- veľkosť teplovýmennej plochy kondenzátora

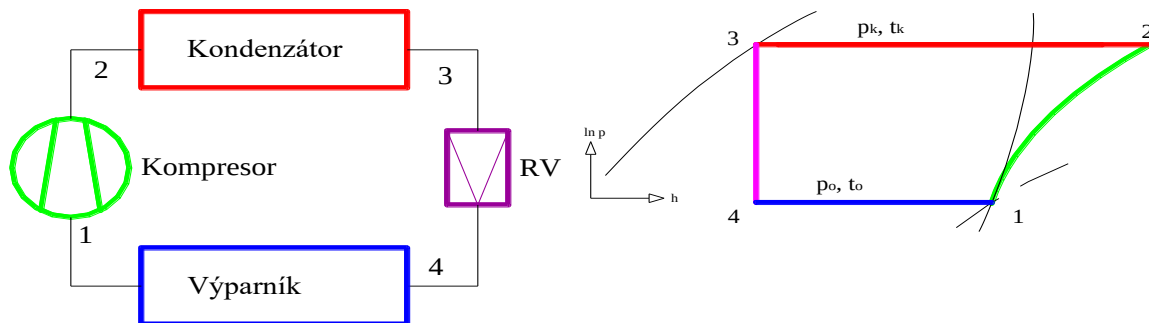
$$S_k = \frac{\dot{Q}_k}{k_k \delta_{sk}} \quad (\text{m}^2)$$

Príklad č. 0

Pre piestový amoniakový kompresor o zdvihovom hodinovom objeme $100 \text{ m}^3/\text{h}$ stanovte chladiaci výkon pri teplote kondenzačnej $+35^\circ\text{C}$, vyparovacej -1°C . Kompresor nasáva sýtu paru, jeho dopravná účinnosť je pri týchto pomeroch $\eta_d = 0,68$.

Riešenie:

a.) Zakreslenie obehu do tepelného p-h diagramu



b.) Odčítanie potrebných hodnôt z parnej tabuľky a tepelného p-h diagramu amoniaku R717

$$h_1 = 1395,68 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_3 = h_4 = 317,78 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$v_1 = 0,5087 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$$

Chladiaci výkon kompresora pri daných pomeroch

$$\dot{Q}_o = \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \cdot \eta_d = \frac{\dot{V}_z}{v_1} \cdot (h_1 - h_4) \cdot \eta_d = \frac{100}{3600 \cdot 0,5087} \cdot (1395,68 - 317,78) \cdot 0,68 = 40 \text{ kW}$$

Jednostupňový okruh s dochladzovačom

Ak je v mieste použitia chladiaceho zariadenia k dispozícii chladnejšia voda pre ochladzovač, je tento okruh s výhodou používaný. Grafické znázornenie takéhoto obehu je na obrázku č. 6.1. Základné výpočtové vzťahy potom sú:

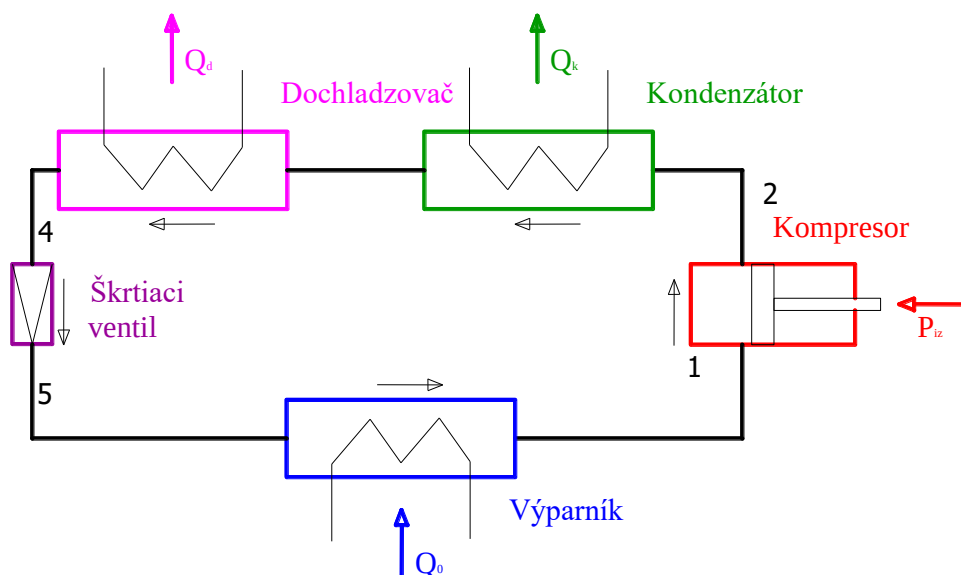
$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_o}{q_o} = \frac{\dot{Q}_o}{h_1 - h_4} \quad (\text{kg.s}^{-1})$$

$$\dot{V} = \dot{m} v_1 \quad (\text{m}^3\text{s}^{-1})$$

$$\dot{Q}_k = \dot{m}(h_2 - h_4) \quad (\text{kW})$$

$$\dot{Q}_d = \dot{m}(h_4 - h_5) \quad (\text{kW})$$

$$\dot{P}_{iz} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (\text{kW})$$



Obrázok 6.1 Parný obeh s ochladzovačom **Doplňte číslovanie tw4, tw3**

Množstvo chladiacej vody pre ochladzovač je daný vzťahom:

$$\dot{m}_{wd} = \frac{\dot{Q}_d}{c_{pw}(t_{w4} - t_{w3})} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

Príklad č. 1

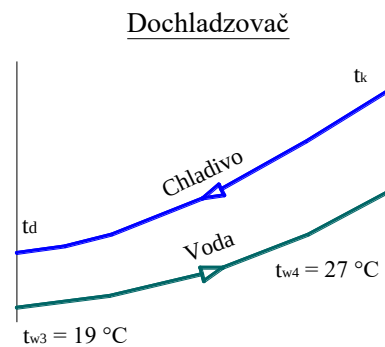
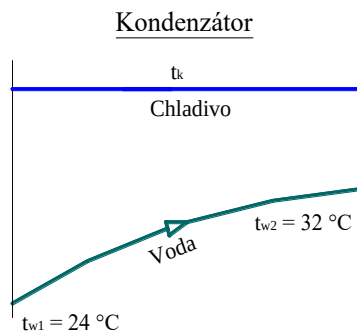
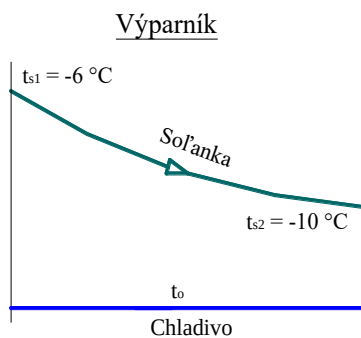
Urobte tepelný výpočet amoniakového chladiaceho zariadenia určeného k ochladzovaniu 50 m³/h soľanky R s mernou hmotnosťou $\rho_{-15} = 1180 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ($\rho_{-8} = 1189 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $c_{p-8} = 3,062 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) z teploty $-6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ na $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplota chladiacej vody pre kondenzátor je $+24 \text{ }^{\circ}\text{C}$, pre dochladzovač $+19 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Prehriatie pár amoniaku v saní kompresora voľte $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pre uvedené zariadenie určite:

1. Teplotu vyparovaciu, kondenzačnú a ochladzovaciu
2. Vyparovací a kondenzačný tlak
3. Navrhните zariadenie a zakreslite tepelný p-h diagram
4. Určite teplo odvedené ochladzovanej soľanke
5. Hmotnostnú chladiivosť
6. Množstvo obiehajúceho chladiva
7. Objem pár v saní kompresora
8. Izoentropický príkon kompresora
9. Veľkosť teplovýmennej plochy výparníka ($k = 400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
10. Spotrebu chladiacej vody

Riešenie:

- a.) Určenie kondenzačnej, vyparovacej a ochladzovacej teploty



Vyparovacia teplota:
 $t_o = ts2 - \delta v2 = -10 - 5$
 $t_o = -15 \text{ °C}$

Kondenzačná teplota:
 $t_k = tw2 + \delta k2 = 32 + 3$
 $t_k = 35 \text{ °C}$

Teplota dochladzovania:
 $t_d = tw3 + \delta d2 = 19 + 3$
 $t_d = 22 \text{ °C}$

b.) Určenie kondenzačného a vyparovacieho tlaku

Z parnej tabuľky pre amoniak (R717) vyplýva:

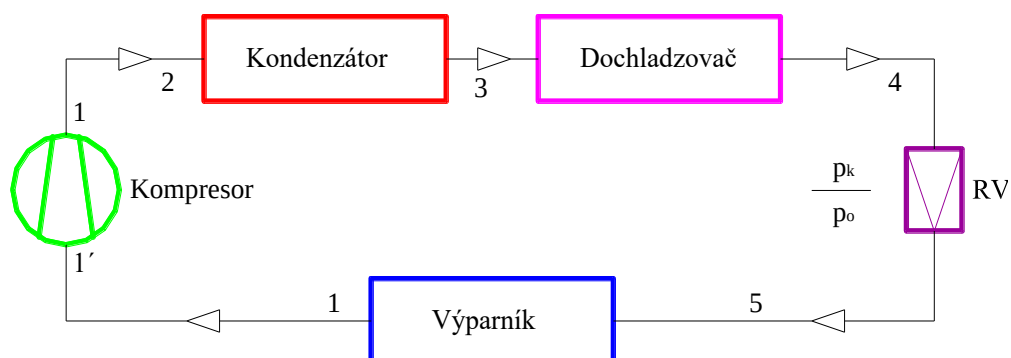
$p_k = 1,3496 \text{ MPa}$
 $p_o = 0,23632 \text{ MPa}$

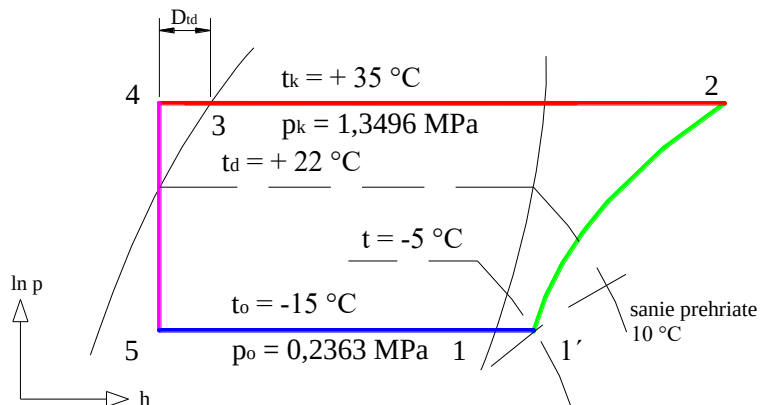
c.) Návrh okruhu

S ohľadom na veľkosť kompresného pomeru

$$\pi = \frac{p_k}{p_o} = \frac{1,3496}{0,2363} = 5,71$$

voľíme jedno stupňové chladiace zariadenie:





Chladiaci okruh zakreslený do p-h diagramu:

Odčítané hodnoty chladiva z parných tabuliek a p-h diagramu pre amoniak R717:

$$\begin{aligned} h_1 &= 1395,679 \text{ kJ.kg}^{-1} & h_3 &= 317,777 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ h_{1'} &= 1420,000 \text{ kJ.kg}^{-1} & h_4 &= h_5 = 254,975 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ h_2 &= 1680,000 \text{ kJ.kg}^{-1} & v_{1'} &= 0,53 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1} \end{aligned}$$

d.) Teplo odvedené ochladzovanej soľanke sa rovná chladiacemu výkonu zariadenia:

$$\dot{Q}_o = \dot{V}_s \cdot \rho_{-8} \cdot c_{p-8} \cdot (t_{s1} - t_{s2}) = \frac{50}{3600} \cdot 1189,3,062 \cdot [(-6) - (-10)] = 202 \text{ kW}$$

e.) Hmotnostná chladivosť chladiva:

$$q_o = h_1 - h_5 = 1395,679 - 254,975 = 1140,704 \text{ kJ.kg}^{-1} \approx 1141 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Množstvo obiehajúceho chladiva:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_o}{q_o} = \frac{202}{1141} = 0,177 \text{ kg.s}^{-1}$$

g.) Objem pár v saní kompresora

$$\dot{V} = \dot{m} \cdot v_{1'} = 0,177 \cdot 0,53 = 0,0938 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$$

h.) Izoentropický príkon kompresora

$$\dot{P}_{iz} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_{1'}) = 0,177 \cdot (1680 - 1420) = 46 \text{ kW}$$

ia.) Veľkosť teplovýmennej plochy kondenzátora.

Stredný logaritmický teplotný spád medzi chladivom a vodou je

$$\delta_{sk} = \frac{\delta_{k1} - \delta_{k2}}{\ln \frac{\delta_{k1}}{\delta_{k2}}} = \frac{11-3}{\ln \frac{11}{3}} = 6,17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplo odvedené kondenzujúcemu chladivu:

$$\dot{O}_k = \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) = 0,177 \cdot (1680 - 317,777) = 241 \text{ kW}$$

Veľkosť teplovýmennej plochy kondenzátora

$$S_k = \frac{\dot{Q}_k}{k_k \cdot \delta_{sk}} = \frac{241 \cdot 10^{-3}}{800 \cdot 6,17} = 49 \text{ m}^2$$

ib.) Veľkosť teplovýmennej plochy medzi vyparujúcim sa chladivom a soľankou

Stredný logaritmický teplotný spád medzi vyparujúcim sa chladivom a soľankou je

$$\delta_{sv} = \frac{\delta_{v1} - \delta_{v2}}{\ln \frac{\delta_{v1}}{\delta_{v2}}} = \frac{9-5}{\ln \frac{9}{5}} = 6,82 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplo dodané vyparujúcemu sa chladivu:

$$\dot{O}_o = 202 \text{ kW}$$

Veľkosť teplovýmennej plochy výparníka

$$S_v = \frac{\dot{Q}_v}{k_v \cdot \delta_{sv}} = \frac{202 \cdot 10^{-3}}{400 \cdot 6,82} = 74 \text{ m}^2$$

ic.) Veľkosť teplovýmennej plochy dochladzovača

Stredný logaritmický teplotný spád medzi chladivom a vodou je

$$\delta_{sd} = \frac{\delta_{d1} - \delta_{d2}}{\ln \frac{\delta_{d1}}{\delta_{d2}}} = \frac{8-3}{\ln \frac{8}{3}} = 5,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplo odvedené do chladiacej vody:

$$\dot{Q}_d = \dot{m} \cdot (h_3 - h_4) = 0,177 \cdot (317,777 - 254,975) = 11,1 \text{ kW}$$

Veľkosť teplovýmennej plochy dochladzovača

$$S_d = \frac{\dot{Q}_d}{k_d \cdot \delta_{sd}} = \frac{11,1 \cdot 10^{-3}}{650 \cdot 5,1} = 3,35 \text{ m}^2$$

j.) Spotreba chladiacej vody

Pre kondenzátor

$$\dot{m}_{wk} = \frac{\dot{Q}_k}{c_{pw} \cdot \Delta t_w} = \frac{241}{4,188.8} = 7,2 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pre dochladzovač

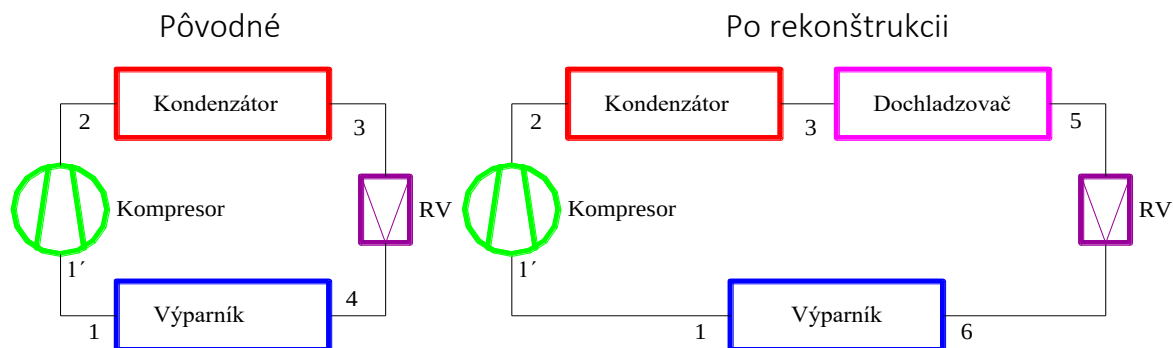
$$\dot{m}_{wd} = \frac{\dot{Q}_d}{c_{pd} \cdot \Delta t_d} = \frac{11,1}{4,188.8} = 0,331 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Príklad č. 2

Jednostupňové amoniakové chladiace zariadenie má chladiaci výkon 100 kW pri teplotách okruhu $t_k = +35^\circ\text{C}$ a $t_o = -15^\circ\text{C}$. Teplota pár v saní kompresora je -5°C . Určite, ako sa zmení výkon takéhoto zariadenia (pri rovnakej kondenzačnej a vyparovacej teplote), nakoľko pri rekonštrukcii do okruhu bude dodatočne zapojený dochladzovač chladiva chladený vodou, v ktorom sa zníži teplota chladiva na $+18^\circ\text{C}$.

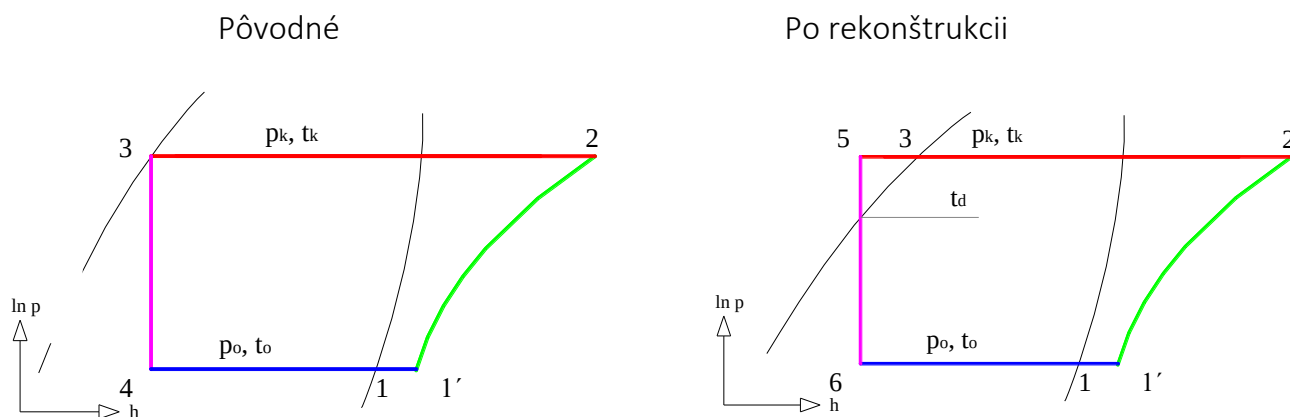
Riešenie:

a.) Zapojenie



b.)

Znázornenie obehu v tepelnom diagrame



Odčítanie potrebných hodnôt z parnej tabuľky a tepelného p-h diagramu pre amoniak R717

$$h_1 = 1395,68 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_3 = h_4 = 317,78 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_5 = h_6 = 235,97 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Prepočet chladiaceho výkonu

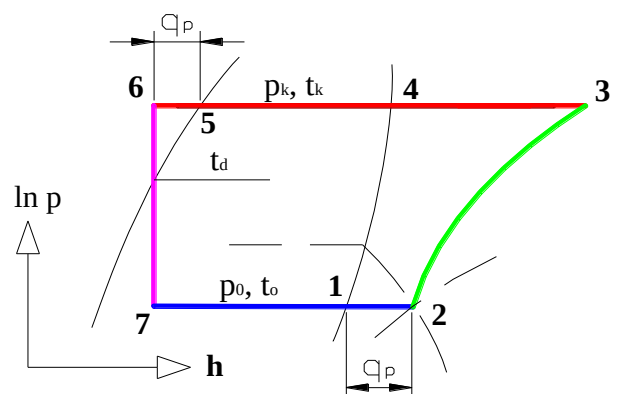
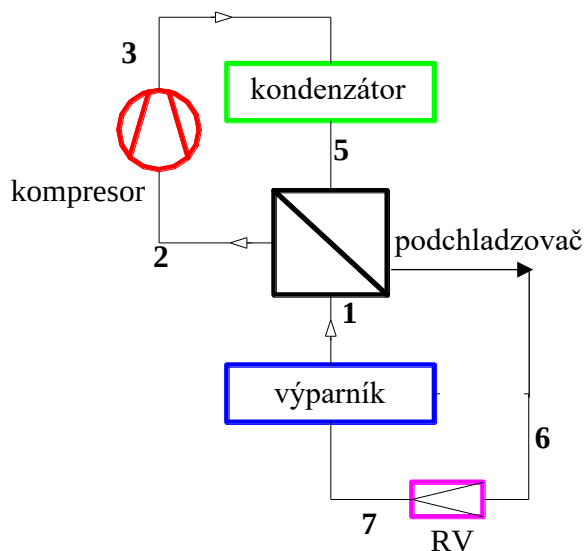
Pretože v uvedenom prípade sa nemení ani kondenzačný a ani vyparovací tlak (*teda ani kompresný pomer*) a bez zmeny ostáva aj teplota v saní kompresora pre prepočet chladiaceho výkonu bez znalosti prietoku chladiva platí

$$\dot{Q}_o' = \dot{Q}_o \cdot \frac{h_1 - h_6}{h_1 - h_4} = 100 \cdot \frac{1395,68 - 235,97}{1395,68 - 317,78} = 108 \text{ kW}$$

to znamená, že chladiaci výkon sa zmení o 8 %.

Jednostupňový okruh s vnútornou výmenou tepla

Tento okruh sa používa všade tam, kde je vnútorná výmena tepla hospodárna alebo kde sú k tomu zvláštne dôvody, napr. pri dlhých sacích potrubíach. Schéma okruhu a znázornenie do tepelného diagramu je na obrázku.



Jednostupňový okruh s vnútornou výmenou tepla a p-h diagram

Základné výpočtové vzťahy potom sú:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_o}{q_o} = \frac{\dot{Q}_o}{h_1 - h_7} \quad (\text{kg.s}^{-1})$$

$$\dot{V} = \dot{m} v_2 \quad (\text{m}^3.\text{s}^{-1})$$

Pre energetickú bilanciu vnútornej výmeny tepla platí:

$$\dot{Q}_p = \dot{m}q_p = \dot{m}(h_2 - h_1) = \dot{m}(h_5 - h_6) \quad (\text{kW})$$

Príklad č. 3

Urobte tepelný výpočet jednostupňového chladiaceho zariadenia s chladivom R 134a s vnútornou výmenou tepla, ktorého schéma je na obrázku. Požadovaný chladiaci výkon je 50 kW pri vyparovacej teplote $t_o = -10^\circ\text{C}$ a kondenzačnej $t_k = +40^\circ\text{C}$.

Výpočtom stanovte:

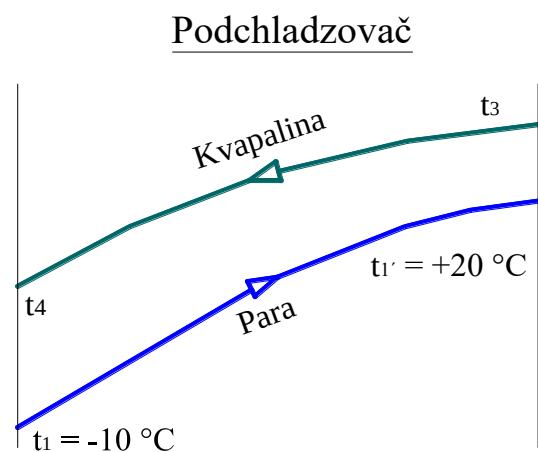
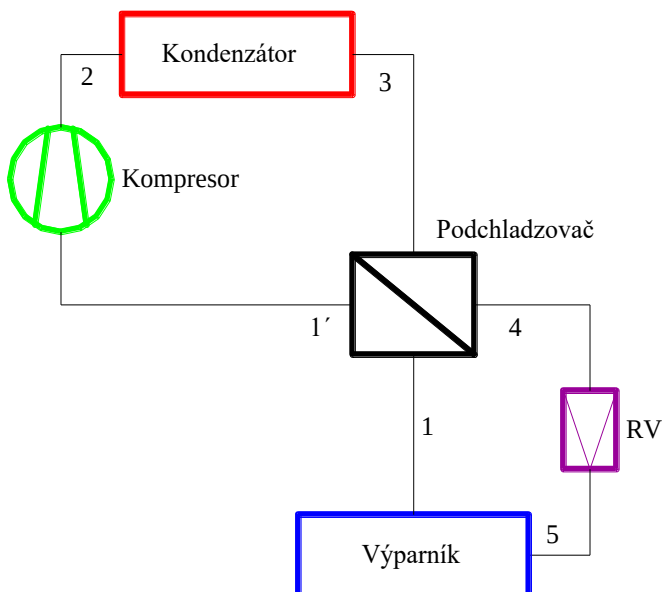
1. Množstvo obiehajúceho chladiva
2. Izoentropický príkon kompresora
3. Teplo odvedené v kondenzátore
4. Výkonové číslo

Pre porovnanie opakujte rovnaký výpočet pre zariadenie bez vnútornej výmeny tepla a urobte porovnanie výkonových čísiel.

Riešenie:

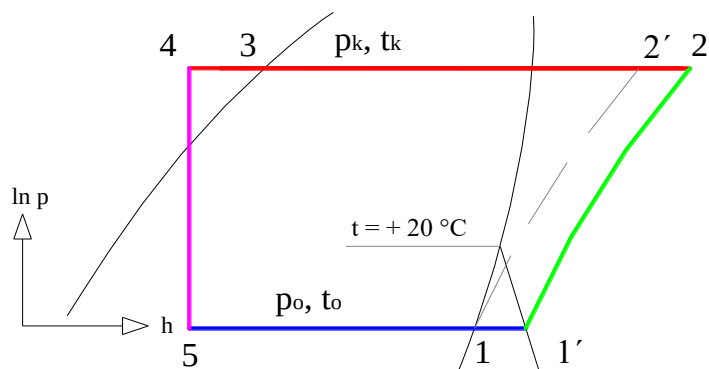
Schéma zariadenia

Stanovenie vplyvu vnútornej výmeny tepla



S ohľadom na menší súčiniteľ prestupu tepla volíme teplotný rozdiel $t_3 - t_1' = 20^\circ\text{C}$, potom $t_1' = t_3 - 20 = +40 - 20 = 20^\circ\text{C}$

Zakreslenie do tepelného diagramu a odčítanie jednotlivých stavov chladiva



$$\begin{aligned}h_{1'} - h_1 &= h_3 - h_4 \\h_1 &= 996,38 \text{ kJ.kg}^{-1} \\h_{1'} &= 1015,00 \text{ kJ.kg}^{-1} \\h_2 &= 1045,00 \text{ kJ.kg}^{-1} \\h_{2'} &= 1023,00 \text{ kJ.kg}^{-1} \\h_3 &= 886,97 \text{ kJ.kg}^{-1} \\h_4 = h_5 &= 886,97 - 18,62\end{aligned}$$

$$h_4 = h_5 = 868,35 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

a.) Množstvo obiehajúceho chladiva

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_o}{h_1 - h_5} = \frac{50}{996,38 - 868,35} = 0,39 \text{ kg.s}^{-1}$$

Izoentropický príkon kompresora

$$\dot{P}_{iz} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_{1'}) = 0,39 \cdot (1045 - 1015) = 11,7 \text{ kW}$$

Teplo odvedené v kondenzátore

$$\dot{Q}_k = \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) = 0,39 \cdot (1045 - 886,97) = 61,7 \text{ kW}$$

Chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo)

$$EER = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{P}_{iz}} = \frac{50}{11,7} = 4,27$$

V zariadení bez vnútornej výmeny tepla pre rovnaký chladiaci výkon platí:

a.) Množstvo obiehajúceho chladiva

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_o}{h_1 - h_3} = \frac{50}{996,38 - 886,97} = 0,457 \text{ kg.s}^{-1}$$

Izoentropický príkon kompresora

$$\dot{P}_{iz} = \dot{m} \cdot (h_{2'} - h_1) = 0,457 \cdot (1023 - 996,38) = 12,2 \text{ kW}$$

Teplo odvedené v kondenzátore

$$\dot{Q}_k = \dot{m} \cdot (h_{2'} - h_3) = 0,457 \cdot (1023 - 886,97) = 62,2 \text{ kW}$$

Chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo)

$$EER = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{P}_{iz}} = \frac{50}{12,2} = 4,10$$

Porovnanie chladiacich súčiniteľov (výkonových čísel):

$$4,27 > 4,10$$

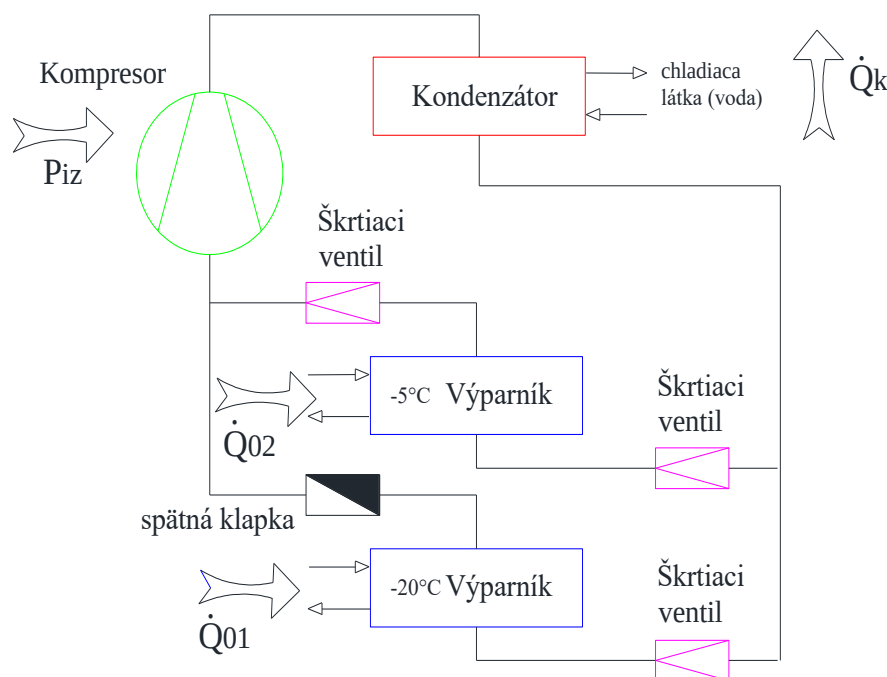
Zariadenie s vnútornou výmenou tepla má výkonové číslo väčšie, z toho vyplýva, že dané zariadenie pracuje s daným chladivom efektívnejšie. To však nemusí platiť pre všetky chladivá.

Zvláštne spôsoby zapojenia

Okruhy popísané v tejto kapitole majú za úlohu ukázať, že tiež s jednostupňovým zariadením sa dajú plniť niektoré špeciálne úlohy. Každopádne je ale potrebné na tieto okruhy pozeráť ako na zapojenie celkom bežné, ktoré sa dajú s výhodou používať iba v celkom špeciálnych prípadoch.

Jednostupňový okruh s dvoma rôznymi vyparovacími teplotami

Toto zapojenie je použiteľné tam, kde je žiadané chladenie dvoch látok na rôzne teploty. Schéma zapojenia spolu so znázornením do tepelného diagramu udáva obrázok č. 7.1.



Jednostupňový okruh s dvomi rôznymi vyparovacími teplotami

Takéto zariadenie je hospodárne použiteľné iba v takom prípade, že buďto chladiaci výkon výparníka 2 je oveľa menší než výparníka 1, alebo chladenie látky vo výparníku 2 prebieha iba v krátkom časovom období, napríklad chladenie vody iba v horúcich letných mesiacoch.

Táto úloha by bola tiež riešiteľná dvomi samostatnými jednostupňovými okruhmi. Pri porovnaní týchto dvoch spôsobov je zrejmé, že prevádzkovo sú hospodárnejšie väčšinou dva samostatné okruhy,

pretože pri spoločnom zapojení je nutné, aby pred zmiešaním para chladiva vystupujúceho z výparníka 2 znížila svoj tlak na tlak z výparníka 1 a až potom bola stláčaná na tlak kondenzačný.

Príklad č. 4

Urobte tepelný výpočet amoniakového chladiaceho zariadenia určeného pre chladenie

- $3 \text{ m}^3/\text{h}$ vody z teploty $+15$ na $+5$ °C za hodinu a
- soľanky R ($\rho_{15} = 1190 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $\rho_{-12,5} = 1121 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $c_{p-12,5} = 3,01 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) z teploty -10 °C na -15 °C.

V mieste stavby je dostatok chladiacej vody o teplote $+20$ °C a obmedzené množstvo vody o teplote $+15$ °C.

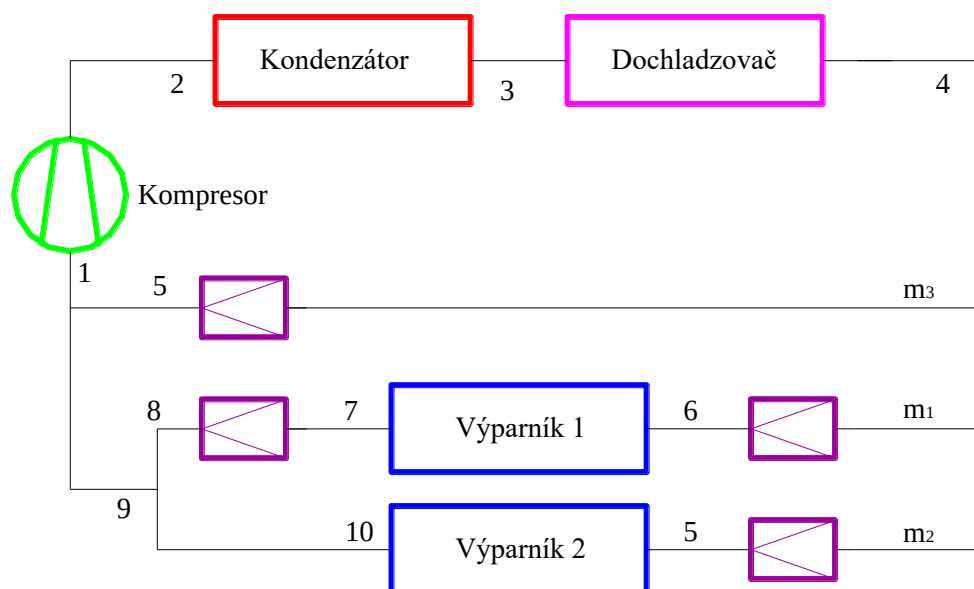
Určite:

1. Návrh zariadenia
2. Zakreslite zariadenie do tepelného diagramu, stanovte hlavné hodnoty teplôt a tlakov
3. Teplo odvedené ochladzovanou vodou a soľankou
4. Množstvo chladiva obiehajúce jednotlivými aparátmi
5. Objem pár nasávaných kompresorom
6. Teplo odvedené v kondenzátore a dochladzovači
7. Izoentropický príkon kompresora
8. Spotreba chladiacej vody

Výpočet urobte pre jednostupňový okruh s dvomi výparníkmi so škrtením pár na výstupe z jedného výparníku. Prehriatie pár chladiva v sacom potrubí uvažujte na -5 °C. Pre dosiahnutie nasávaných sýtych pár kompresorom použite vstrekovanie kvapalného chladiva do sania kompresora.

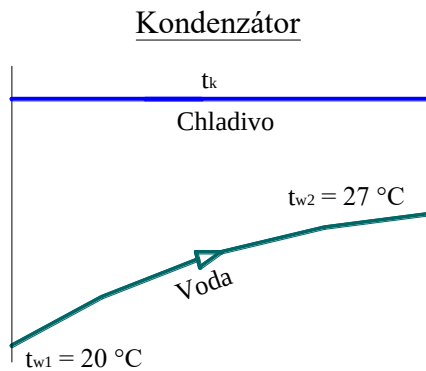
Riešenie:

Návrh zariadenia



Zakreslenie zariadenia do tepelného diagramu, stanovenie hlavných teplôt a tlakov, odčítanie jednotlivých stavov chladiva

ba.) Stanovenie hlavných teplôt a tlakov

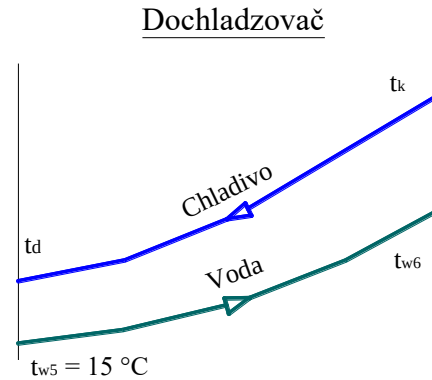


$$t_k = t_{w1} + \Delta t + \delta k2$$

$$t_k = 20 + 7 + 3$$

$$t_k = 30 \text{ °C}$$

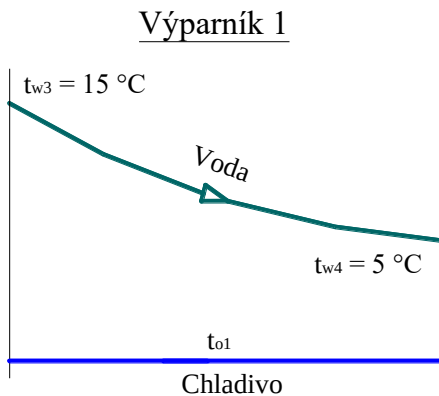
$$p_k = 1,16647 \text{ MPa}$$



$$t_d = t_{w5} + \delta d2$$

$$t_d = 15 + 3$$

$$t_d = 18 \text{ °C}$$

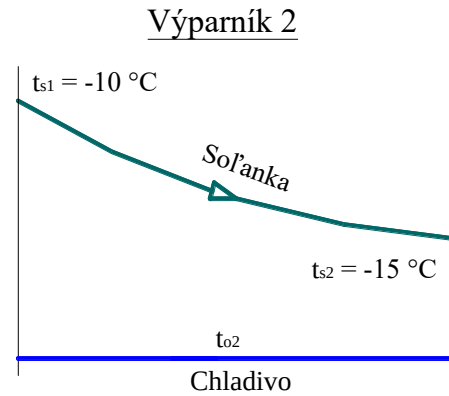


$$t_{o1} = t_{w3} - \delta v2$$

$$t_{o1} = 15 - 3$$

$$t_{o1} = 12 \text{ °C}$$

$$p_{o1} = 0,46248 \text{ MPa}$$



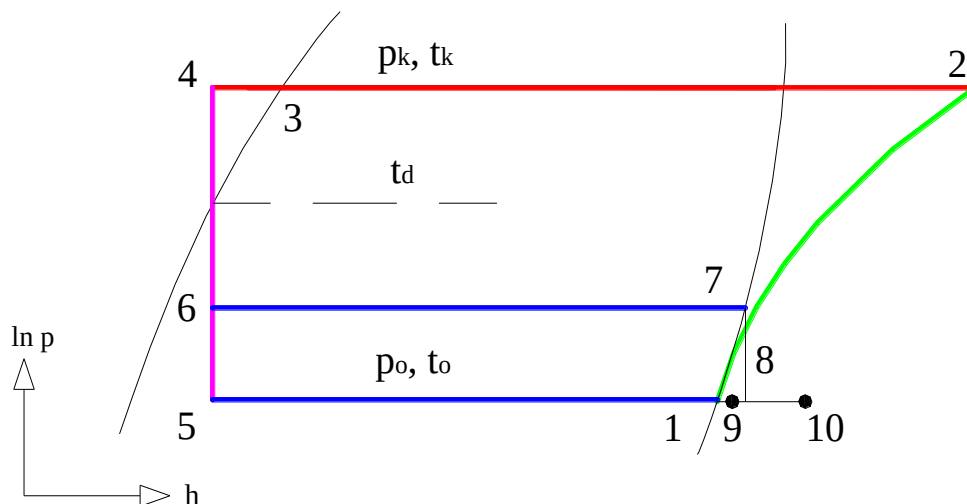
$$t_{o2} = t_{s2} - \delta v4$$

$$t_{o2} = -15 - 3$$

$$t_{o2} = -18 \text{ °C}$$

$$p_{o2} = 0,20771 \text{ MPa}$$

bb.) Zakreslenie do tepelného p-h diagramu



bc.) Odčítanie jednotlivých stavov chladiva

$$\begin{aligned}
h_1 &= 1390,316 \text{ kJ.kg}^{-1} & h_4 &= h_5 = h_6 = 235,967 \text{ kJ.kg}^{-1} \\
h_2 &= 1636,500 \text{ kJ.kg}^{-1} & h_7 &= h_8 = 1416,280 \text{ kJ.kg}^{-1} \\
h_3 &= 293,452 \text{ kJ.kg}^{-1} & h_{10} &= 1423,100 \text{ kJ.kg}^{-1} & v_1 &= 0,5742 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}
\end{aligned}$$

Teplo odvedené

$$\text{Ochladzovanou vodou } \dot{Q}_{o1} = \dot{m}_w \cdot c_{pw} \cdot \Delta t_w = \frac{3000}{3600} \cdot 4,1868 \cdot 10 = 34,9 \text{ kW}$$

$$\text{Soľankou } \dot{Q}_{o2} = \dot{m}_s \cdot c_{ps} \cdot \Delta t_s = \frac{80}{3600} \cdot 1210,3 \cdot 0,5 = 404 \text{ kW}$$

Množstvo obiehajúceho chladiva

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_{o1}}{q_{o1}} = \frac{\dot{Q}_{o1}}{h_7 - h_6} = \frac{34,9}{1416,280 - 235,967} = 0,0296 \text{ kg.s}^{-1}$$

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{Q}_{o2}}{q_{o2}} = \frac{\dot{Q}_{o2}}{h_1 - h_5} = \frac{404}{1390,316 - 235,967} = 0,350 \text{ kg.s}^{-1}$$

$$\dot{m}_1 h_8 + \dot{m}_2 h_1 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot h_9$$

$$h_9 = \frac{\dot{m}_1 \cdot h_8 + \dot{m}_2 \cdot h_1}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} = \frac{0,0296 \cdot 1416,280 + 0,350 \cdot 1390,316}{0,0296 + 0,350} = 1392 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$(\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot h_9 + \dot{m}_3 \cdot h_5 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_3) \cdot h_{10}$$

$$\dot{m}_3 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot \frac{h_{10} - h_5}{h_1 - h_5} = (0,0296 + 0,350) \cdot \frac{1423,100 - 235,967}{1390,316 - 235,967} = 0,0108 \text{ kg.s}^{-1}$$

Objem pár nasávaných kompresorom

$$\dot{V} = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_3) \cdot v_1 = (0,0296 + 0,350 + 0,0108) \cdot 0,5742 = 0,224 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$$

Teplo odvedené

$$\begin{aligned}
\text{V kondenzátore } \dot{Q}_k &= (\dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_3) \cdot (h_2 - h_3) \\
\dot{Q}_k &= (0,0296 + 0,350 + 0,0108) \cdot (1636,5 - 293,452) \\
\dot{Q}_k &= 524 \text{ kW}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{V dochladzovači } \dot{Q}_d &= (\dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_3) \cdot (h_3 - h_4) \\
\dot{Q}_d &= (0,0296 + 0,350 + 0,0108) \cdot (293,452 - 235,967) \\
\dot{Q}_d &= 22,4 \text{ kW}
\end{aligned}$$

Izoentropický príkon kompresora

$$\dot{P}_{iz} = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_3) \cdot (h_2 - h_1) = (0,0296 + 0,350 + 0,0108) \cdot (1636,5 - 1390,316) = 96 \text{ kW}$$

Spotreba chladiacej vody

Pre kondenzátor prietok vody

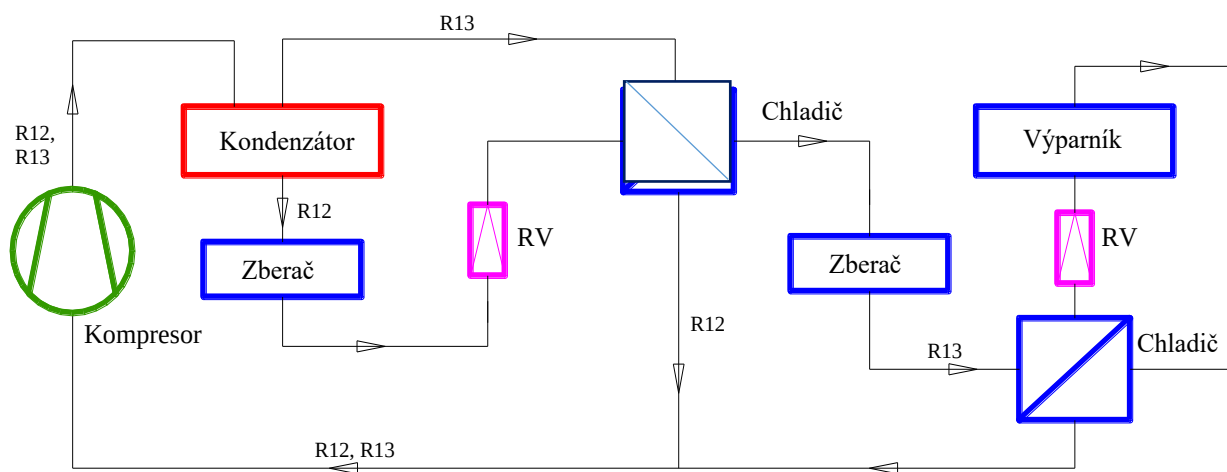
$$\dot{m}_{vk} = \frac{\dot{Q}_k}{c_{pw} \cdot \Delta t_w} = \frac{524}{4,1868 \cdot 7} = 17,9 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pre dochladzovač (ohriatie vody povolené o 8 °C)

$$\dot{m}_{vd} = \frac{\dot{Q}_d}{c_{pw} \cdot \Delta t_w} = \frac{22,4}{4,1868 \cdot 8} = 0,668 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Jednostupňový okruh určený k dosiahnutiu nízkej vyparovacej teploty

Takýto okruh navrhli Čajkovskij a Kuznekov a pre dosiahnutie nízkych teplôt pri zachovaní jednostupňovej kompresie použili zmes chladív R 12 a R 13. Schéma zariadenia, ktorá je založená na myšlienke oddelenej kondenzácie a vyparovaní takmer čistých zložiek, je na obrázku. Zariadenie je schopné dosiahnuť vyparovaciu teplotu až -80°C ale pri veľmi nízkom výkonovom čísle.



Obrázok Jednostupňový okruh určený na dosiahnutie nízkej teploty vyparovania

6. Prepočet chladiaceho výkonu na iné prevádzkové pomery

Veľmi častou úlohou je prepočítanie chladiaceho výkonu zariadenia na iné teplotné pomery, než sú tabuľkové hodnoty uvedené výrobcom. Vieme, že chladiaci výkon zariadenia závisí od výparnej a kondenzačnej teploty a preto tiež prospektové údaje výrobcu udávajú vždy chladiaci výkon pri určitých teplotách. Pokiaľ výrobcom nie je uvedená charakteristika zariadenia, t.j. grafická závislosť chladiaceho výkonu a príkonu kompresora od teploty vyparovacej a kondenzačnej, dá sa pri prepočte postupovať nasledujúcim spôsobom.

Ak sme označili hľadané údaje s čiarkou, pôvodné bez čiarky, potom pri zmene kondenzačnej teploty a pri zmene vyparovacej teploty platí:

$$\dot{V}_k = konst = \frac{\dot{m}_1 v_1}{\eta_d} = \frac{m'_1 v'_1}{\eta'_d} = \frac{\dot{Q}_o v_1}{q_o \eta_d} = \frac{\dot{Q}'_o v'_1}{q'_o \eta'_d} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

a po úprave

$$\dot{Q}'_o = \dot{Q}_o \cdot \frac{q'_o}{q_o} \cdot \frac{v_1}{v'_1} \cdot \frac{\eta'_d}{\eta_d} \quad (\text{kW})$$

Pre zmenený chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo) potom platí:

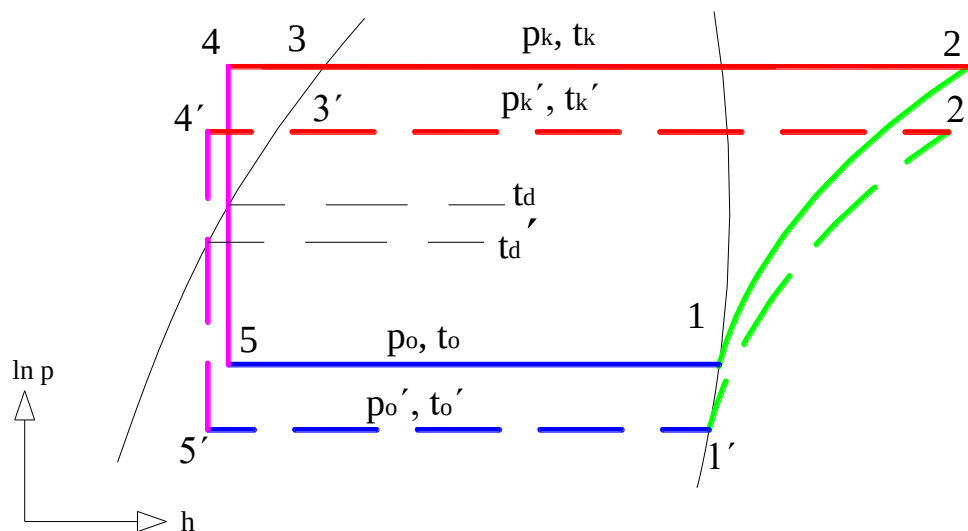
$$EER' = \frac{\dot{Q}'_o}{\dot{P}'_{iz}} = EER \cdot \frac{q'_o}{q_o} \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_2' - h_1'} \quad (\text{kW} \cdot \text{kW}^{-1})$$

Príklad č. 5

Amoniakové chladiace zariadenie s piestovým kompresorom dosahuje chladiaci výkonu 100 kW pri teplote vyparovania $t_o = -10^\circ\text{C}$, pri kondenzačnej teplote $t_k = +35^\circ\text{C}$ a pri teplote dochladzovania $+20^\circ\text{C}$. Určite, ako sa zmení výkon tohoto zariadenia, keď sa zmení teplota vyparovania na $t_o = -15^\circ\text{C}$, kondenzačná na $t_k = +30^\circ\text{C}$ a dochladzovacia $t_d = +18^\circ\text{C}$. Prehriatie pár v saní ani zmenu dopravnej účinnosti kompresora neuvažujte.

Riešenie:

Zakreslenie pôvodného i nového obehu do tepelného diagramu p-h



Odčítanie stavov chladiva z parných tabuliek

ba.) Pôvodné hodnoty

$$p_o = 0,2908 \text{ MPa}$$

$$p_k = 1,3496 \text{ MPa}$$

bb.) Zmenené hodnoty

$$p_o' = 0,2363 \text{ MPa}$$

$$p_k' = 1,1665 \text{ MPa}$$

$$h_1 = 1401,88 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_5 = 245,47 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$v_1 = 0,418 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$$

$$h_1' = 1395,68 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_5' = 235,97 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$v_1' = 0,509 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$$

Stanovenie kompresných pomerov

ca.) Pôvodná hodnota

$$\frac{p_k}{p_o} = \frac{1,3496}{0,2908} = 4,64$$

cb.) Zmenená hodnota

$$\frac{p_k'}{p_o'} = \frac{1,1665}{0,2363} = 4,93$$

S ohľadom na malú zmenu kompresného pomeru je možné predpokladať, že u obidvoch behoch bude rovnaká dopravná účinnosť.

Zmenený výkon zariadenia

Nakoľko pre chladiace zariadenie je použitý piestový kompresor a nie je uvažovaná ani zmena jeho otáčok, nezmení sa potom ani jeho zdvihový objem. Potom platí:

$$\dot{V}_z = konst = \frac{\dot{V}_1}{\eta_d} = \frac{\dot{m}_1 \cdot v_1}{\eta_d} = \frac{\dot{m}_1' \cdot v_1'}{\eta_d'}$$

$$\dot{m}_1' = \dot{m}_1 \cdot \frac{v_1}{v_1'} \cdot \frac{\eta_d'}{\eta_d}$$

Keďže súčasne platí

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_o}{h_1 - h_5} \quad \dot{m}_1' = \frac{\dot{Q}_o'}{h_1' - h_5'}$$

je možné písať po dosadení vyššie

$$\dot{Q}_o' = \dot{Q}_o \cdot \frac{h_1' - h_5'}{h_1 - h_5} \cdot \frac{v_1}{v_1'} \cdot \frac{\eta_d'}{\eta_d}$$

Pre náš prípad pri zanedbaní zmeny dopravnej účinnosti v závislosti od tlakového pomeru

$$\dot{Q}_o' = 100 \cdot \frac{1395,68 - 25,97}{1401,88 - 245,47} \cdot \frac{0,418}{0,509} \cdot 1 = 82,5 \text{ kW}$$

7. Dvojstupňové zapojenia

Všeobecne

Dvojstupňová respektíve viacstupňová kompresia, ktorej hlavným dôvodom je závislosť znižujúcej sa objemovej účinnosti kompresora pri zvyšujúcom sa kompresnom pomere, sa používa:

- ak sú potrebné dve rôzne vyparovacie teploty,
- ak kompresný pomer daný pomerom tlaku kondenzačného ku vyparovaciemu je príliš vysoký,

teda ak by nebolo hospodárne alebo technicky vôbec možné riešiť kompresiu ako jednostupňovú. Vysoký kompresný pomer je častejšie spôsobený požiadavkami chladiť na veľmi nízku teplotu, ako vysokými kondenzačnými tlakmi. Dôsledky zvýšeného kompresného pomeru sú:

- rast kompresnej práce spôsobený poklesom strmosti adiabaty v oblasti vzdialenejšej od mernej izoentropickej krivky
 - rast výtlačnej teploty s nepriaznivým vplyvom na namáhanie ventilu a mazací olej
 - pokles dopravnej a mechanickej účinnosti kompresora

V praxi sa väčšinou požaduje, aby kompresný pomer neprekročil hodnotu 8. Praktické rozhodnutie, či kompresia je jedno alebo dvojstupňová, je v niektorých prípadoch zložitejšou technicko-ekonomickou otázkou. Pri jej riešení je potrebné brať do úvahy konštrukciu a prevádzkové podmienky kompresoru, účel zariadenia, dobu chodu, požiadavky na automatizáciu zariadenia, kvalifikáciu obsluhujúceho personálu, investičné a prevádzkové náklady a pod.

Rozdelenie kompresie, stredný tlak

Pri výpočte dvojstupňového zariadenia je predovšetkým potrebné stanoviť veľkosť stredného tlaku. Pri zanedbaní prietochných odporov veľkosť výtlačného tlaku prvého stupňa kompresora, sa rovná saciemu tlaku stupňa druhého.

Ak by bolo rozdelenie kompresie do dvoch stupňov vykonané preto, aby bolo dosiahnuté dvoch rôznych vyparovacích teplôt, je stredný tlak rovný väčšiemu z oboch vyparovacích tlakov. Ak nie je stredný tlak určený takouto podmienkou, volí sa tak, aby súčet kompresných prác v oboch stupňoch bol minimálny.

Pre objemové kompresory s dvojstupňovou kompresiou bol pre túto požiadavku odvodený vzťah

$$p_m = \sqrt{p_o \cdot p_k} \quad (\text{MPa})$$

kde p_o je vyparovací tlak

p_k je kondenzačný tlak

Tento vzťah bol odvodený za predpokladu, že oba stupne kompresoru nasávajú rovnaké množstvo pary, teploty medzi oboma stupňami sú rovnaké a rovnaké sú aj exponenty oboch kompresných kriviek.

Preto v prípadoch, kedy stredný tlak nie je daný priamo vyparovacím tlakom v niektorom výparníku, odporúča sa určiť ho podľa nasledujúcich vzťahov:

$$p_m = \sqrt{p_o p_k} + 0,35 \quad (\text{MPa})$$

$$t_m = 0,5(t_o + t_k) \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_m = \sqrt{T_o T_k} \quad (\text{K})$$

Ochladzovanie pár medzi stupňami

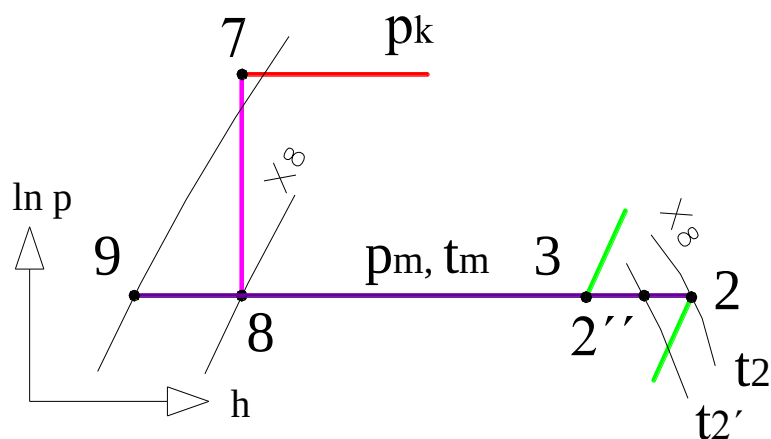
Aby sa zmenšila kompresná práca a poklesli teploty na výtlaku z druhého stupňa, je potrebné paru medzi stupňami ochladzovať. Toto chladenie môže byť zabezpečené:

Ochladzovaním vodou

Vo výmenníku tepla, ktorý je väčšinou konštruovaný ako protiprúdový, sa pary chladiva ochladia až na teplotu danú množstvom a teplotou vody a veľkosťou, usporiadaním teplovýmennnej plochy. Pri chladení vodou sa pary chladiva neochladia až na medzu sýtosti, takže za cenu vzniknutých prietokových odporov sa odvedie z chladiva pomerne malá časť tepla. Z tohto dôvodu nie je tento spôsob príliš hospodárny a väčšinou sa preto používa iba v spojení s ďalšími spôsobmi.

Ochladzovaním kvapalným chladivom

Princípom tohto spôsobu je zmiešavanie prehriatej pary vystupujúcej z prvého stupňa kompresora s kvapalným chladivom, ktoré je zaškrtené na rovnaký tlak. Stykom pary s kvapalinou dochádza ku zdieľaniu tepla a hmoty, a pretože tento styk je bezprostredný, neobmedzený žiadnou teplovýmennou plochou, ochladí sa para až na medzu sýtosti. Druhý stupeň kompresoru odsáva tak zo zmiešavacieho priestoru sýtu paru.



Obrázok Ochladzovanie pár v dvojstupňovom systéme chladenia kvapalným chladivom

Celý proces zmiešavania prebieha v stredotlakej nádobe. Z kondenzátora alebo dochladzovača prichádza do stredotlakej nádoby kvapalné chladivo o stave 7, ktorého stav sa po znížení tlaku v škrtiacom ventile zmení na mokрую paru stavu 8. Mokrá para je zmes sýtej pary stavu 3 a vriacej kvapaliny stavu 9. Do stredotlakej nádoby prichádza ďalej prehriata para z výtlaku prvého stupňa kompresoru o stave 2.

Táto para sa ochladí stykom s kvapalným chladivom stavu 9 na medzi sýtosti, ktoré sa vyparuje vo výparníku a stláča ho prvý stupeň kompresora. Pre množstvo chladiva, ktoré odsáva zo stredotlakej nádoby druhý stupeň kompresoru, musí s ohľadom na tepelnú bilanciu stredotlakej nádoby platiť vzťah

$$\dot{m}_1 h_2 + \dot{m}_2 h_8 = \dot{m}_1 h_9 + \dot{m}_2 h_3$$

a tak

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 \frac{h_2 - h_9}{h_3 - h_8} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

Pomer $\frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1}$ je vždy väčší ako jedna a býva v rozmedzí 1,2 až 1,4.

Zmiešavaním so sýtymi parami

Schéma takéhoto spôsobu zapojenia je veľmi jednoduchá, hospodárnosť okruhu je ale menšia než v predchádzajúcom prípade. Princíp tohoto chladenia výtlačných pár z prvého kompresného stupňa spočíva v zmiešavaní prehriatej pary z výtlaku prvého stupňa s parami, ktoré vzniknú pri škrtení kvapaliny na stredný tlak. Druhý stupeň kompresora nasáva v tomto prípade prehriatu paru, ktorej teplota a entalpia sú dané zmiešavacím pravidlom

$$\dot{m}_1 h_2 + \dot{m}_2 h_8 = \dot{m}_1 h_9 + \dot{m}_2 h_3$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 + \frac{h_8 - h_9}{h_3 - h_8} \dot{m}_2 = \dot{m}_1 \frac{h_3 - h_9}{h_3 - h_8} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

Stav 2', ktorý vznikne po zmiešaní a ktorý udáva stav v saní druhého stupňa je daný zmiešavacím pravidlom

$$\begin{aligned} \dot{m}_1 h_2 + (\dot{m}_2 - \dot{m}_1) h_3 &= \dot{m}_2 h_2 \\ h_{2'} &= \frac{(h_3 - h_8) h_2 + (h_8 - h_9) h_3}{h_3 - h_9} \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}) \end{aligned}$$

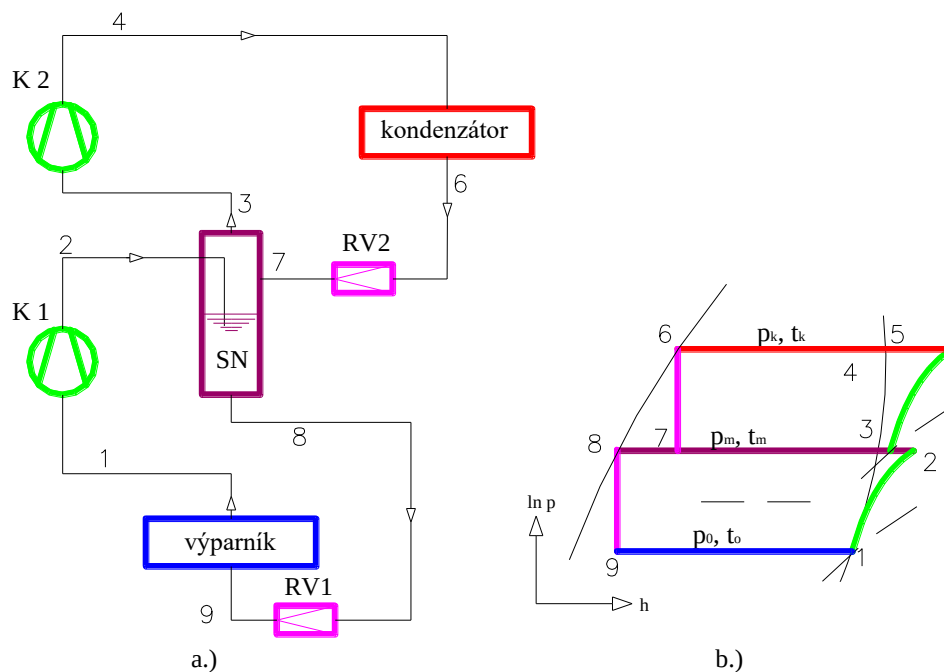
Dvojstupňové okruhy – schéma zapojenia

Dvojstupňový okruh s priechodnou stredotlakou nádobou

Z tepelného hľadiska je tento okruh najvýhodnejší zo všetkých dvojstupňových zapojení, pretože pri ňom sa pary chladiva pred nasatím do druhého stupňa kompresora ochladia až na medzu sýtosti, čím vzniká maximálna úspora kompresnej práce. Takéto ochladenie kvapalného chladiva pred škrtением do výparníka prvého stupňa je maximálne možné, čo spôsobuje najväčšiu možnú hmotnostnú chladivosť. Preto sa tento spôsob zapojenia používa prednostne.

Okruh s chladiacou povinnosťou v jednom stupni:

Spôsob zapojenia takéhoto okruhu je na obrázku a.
Znázornenie do tepelného diagramu je zase na obrázku b.



Obrázky a.) Dvojitupňové zapojenie s priechodskou stredotlakou nádobou s chladiacou povinnosťou v jednom stupni, b.) tepelný p-h diagram

Základné výpočtové vzťahy potom budú:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_{o1}}{h_1 - h_9} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{m}_1(h_2 - h_8)}{h_3 - h_7} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{V}_1 = \dot{m}_1 v_1 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{V}_2 = \dot{m}_2 v_3 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

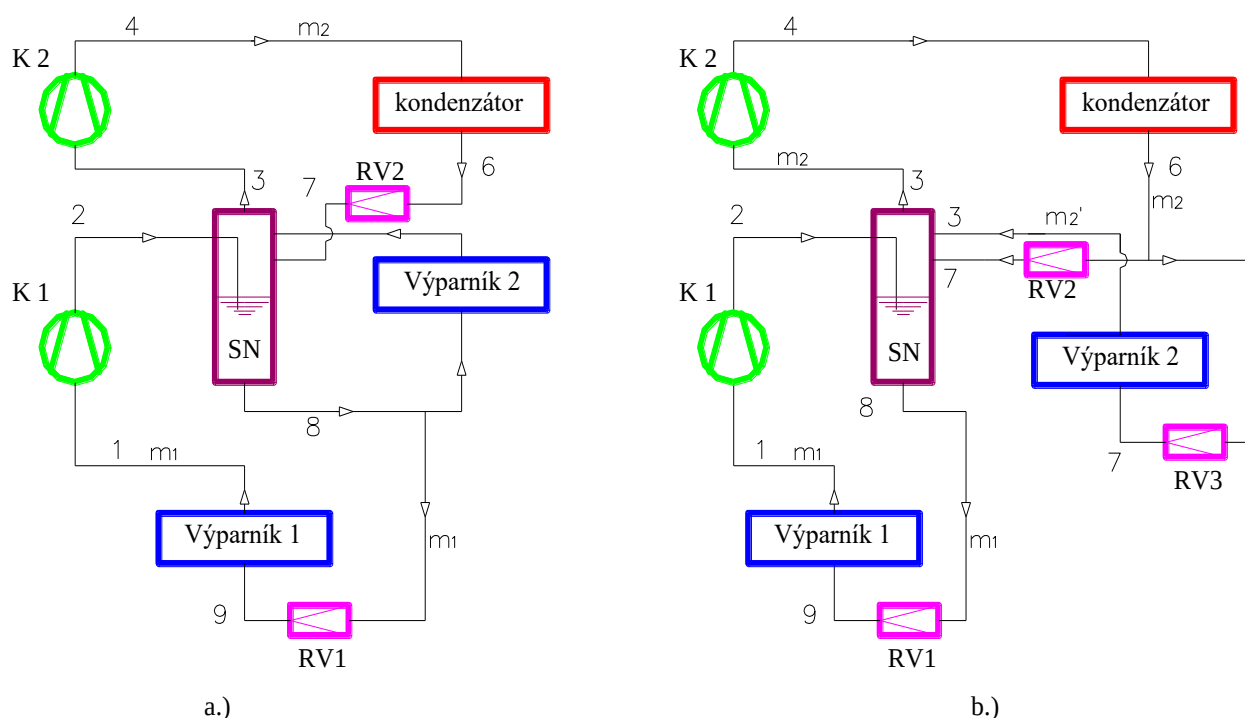
$$\dot{Q}_k = \dot{m}_2(h_4 - h_6) \quad (\text{kW})$$

$$\dot{P}_{iz} = \dot{m}_1(h_2 - h_1) + \dot{m}_2(h_4 - h_3) \quad (\text{kW})$$

Okruh s chladiacou povinnosťou v dvoch stupňoch

Obidva varianty zapojenia sú znázornené na obrázkoch a.) a b.), ktoré sú si tepelne rovnocenné. Prvý sa používa tam, kde je stredotlaká nádoba v blízkosti výparníka druhého stupňa a v rovnakej výške.

Potom slúži stredotlaká nádoba ako odlučovač pre tento výparník. V opačnom prípade je nutné použiť zapojenie podľa obrázku b.



Obrázky a.), b.) Dvojstupňové zapojenie s priechodovou stredotlakovou nádobou s chladiacou povinnosťou v dvoch stupňoch

Základné výpočtové vzťahy sú:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_{o1}}{h_1 - h_9} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{m}_1(h_2 - h_8) + \dot{Q}_{o2}}{h_3 - h_7} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{V}_1 = \dot{m}_1 v_1 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{V}_2 = \dot{m}_2 v_3 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{Q}_k = \dot{m}_2 (h_4 - h_6) \quad (\text{kW})$$

$$\dot{P}_{iz} = \dot{m}_1 (h_2 - h_1) + \dot{m}_2 (h_4 - h_3) \quad (\text{kW})$$

Príklad č. 7

Navrhnete chladiace zariadenie s chladivom R12 pre ochladzovanie 30 000 kg soľanky R za hodinu. Soľanka o mernej hmote $\rho_{15} = 1270 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ sa má ochladzovať z teploty -28°C na -33°C .

(Látkové vlastnosti soľanky pri strednej teplote $-30,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ vo výparníku sú merné teplo $c_{p-30,5} = 2,704\text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$). K dispozícii je dostatočné množstvo chladiacej vody o teplote $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ a menšie množstvo vody o teplote $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Chladiacu vodu možno v zariadení ohriať o $8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Určite:

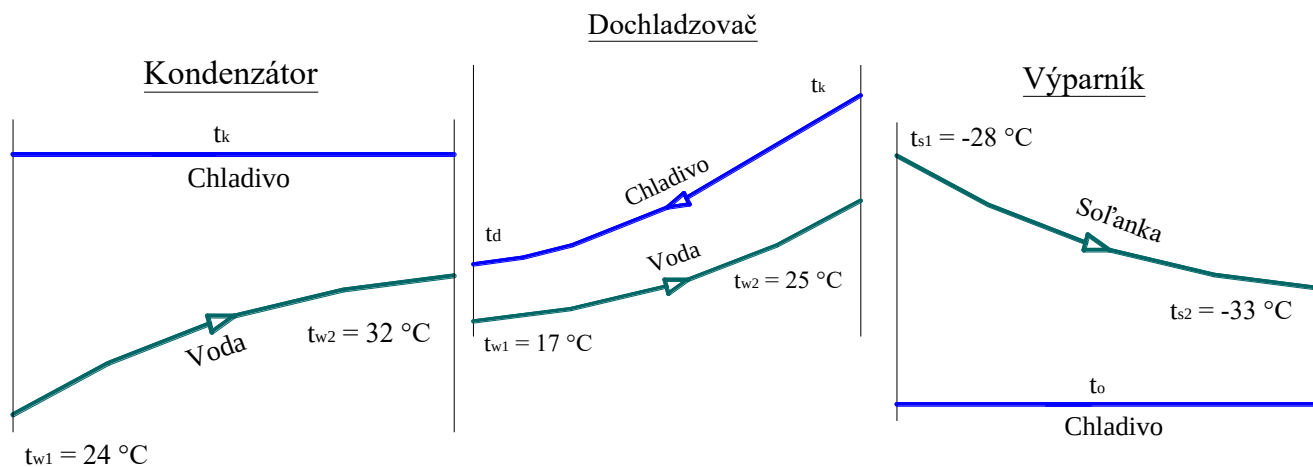
1. Zakreslite zariadenie do tepelného diagramu, stanovte hlavné hodnoty teplôt a tlakov
2. Určite kompresný pomer
3. Navrhните a zakreslite schému zapojenia a znázornite v p-h tepelnom diagrame
4. Vypočítajte chladiaci výkon
5. Vypočítajte obiehajúce množstvo chladiwa
6. Vypočítajte objem pár nasávaných kompresorom – prehriatie v saní uvažujte $10\text{ }^{\circ}\text{C}$
7. Vypočítajte izoentropický príkon kompresora
8. Stanovte spotrebu chladiacej vody
9. Vypočítajte veľkosť teplovýmenných plôch

Teplovýmenné plochy majú nasledovné hodnoty súčiniteľov prestupu tepla:

výparník	$k_v = 220\text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
kondenzátor	$k_k = 500\text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
dochladzovač	$k_d = 500\text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

Riešenie:

Určenie teploty vyparovania, kondenzácie a dochladzovania



Kondenzačná teplota:
 $t_k = t_{w2} + \delta k_2 = 32 + 3$
 $t_k = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$

Dochladzovacia teplota:
 $t_d = t_{w1} + \delta d_2 = 17 + 3$
 $t_d = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Vyparovacia teplota:
 $t_o = t_{s2} + \delta v_2 = -28 + (-5)$
 $t_o = -36\text{ }^{\circ}\text{C}$

Výpočet kompresného pomeru

Pre $p_o = 0,07046$ MPa a $p_k = 0,84984$ MPa platí

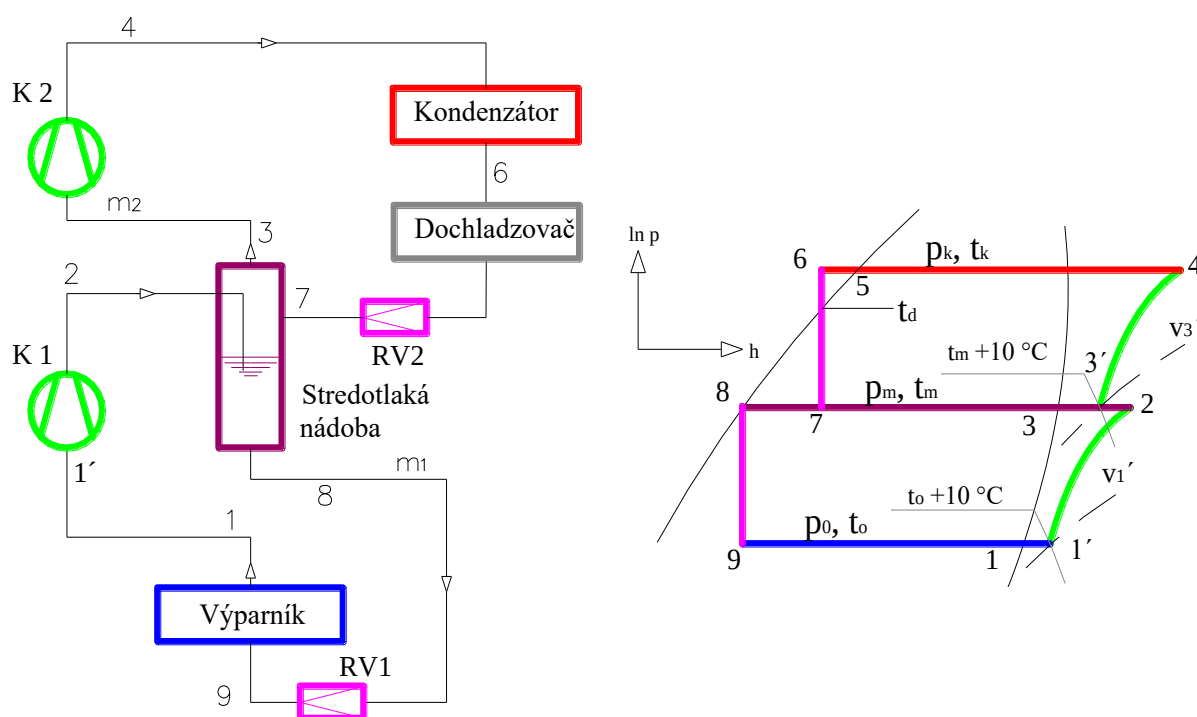
$$\frac{p_k}{p_o} = \frac{0,84984}{0,07046} = 12,1$$

Vzhľadom k veľkému kompresnému pomeru bude zariadenie navrhnuté ako dvojstupňové. Nakoľko v zadaní nie sú uvedené žiadne požiadavky na dispozičné riešenie, bude zariadenie navrhnuté s priechodovou stredotlakou nádobou. Požadovaný tlak v stredotlakej nádobe potom bude:

$$p_m = \sqrt{p_o \cdot p_k} + 0,35 = \sqrt{0,07046 \cdot 0,84984} + 0,35 = 0,28 \text{ MPa}$$

Teplota varu chladiva v stredotlakej nádobe sa rovná $t_m = -3$ °C.

Schéma zapojenia a znázornenie v p-h tepelnom diagrame



Odčítané stavy chladiva z parných tabuliek a p-h diagramu:

$$\begin{aligned} h_1 &= 983,32 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ h_{1'} &= 988,60 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ h_2 &= 1014,00 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ h_3 &= 995,52 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ v_{1'} &= 0,235 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1} \\ v_{3'} &= 0,065 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_3 &= 1006,00 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ h_4 &= 1027,00 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ h_5 &= 881,93 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ h_6 &= h_7 = 867,21 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ h_8 &= h_9 = 845,53 \text{ kJ.kg}^{-1} \end{aligned}$$

Výpočet chladiaceho výkonu (tepla odvedeného soľanke)

$$\dot{Q}_o = \dot{m}_s \cdot c_p \cdot (t_{s1} - t_{s2}) = \frac{30000}{3600} \cdot 2,704 \cdot ((-28) - (-33)) = 112,8 \text{ kW}$$

Určenie množstva obiehajúceho chladiva

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_o}{h_1 - h_9} = \frac{112,8}{98332 - 845,53} = 0,815 \text{ kg.s}^{-1}$$

Z tepelnej bilancie stredotlakej nádoby je známe

$$\dot{m}_1 h_2 + \dot{m}_2 h_7 = \dot{m}_1 h_8 + \dot{m}_2 h_3 \quad - \text{ z toho vyplýva}$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 \cdot \frac{h_2 - h_8}{h_3 - h_7} = 0,815 \cdot \frac{1014,0 - 845,53}{995,52 - 867,21} = 1,07 \text{ kg.s}^{-1}$$

Objemy pár v sacom hrdle kompresora

$$\text{fa.) v I. stupni: } \dot{V}_1 = \dot{m}_1 \cdot v_1' = 0,815 \cdot 0,235 = 0,192 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{fb.) v II. stupni: } \dot{V}_2 = \dot{m}_2 \cdot v_3' = 0,815 \cdot 0,065 = 0,0697 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Izoentropický príkon kompresora

$$\text{ga.) príkon I. stupňa: } P_{iz1} = \dot{m}_1 \cdot (h_2 - h_1') = 0,815 \cdot (1014,00 - 988,60) = 20,7 \text{ kW}$$

$$\text{gb.) príkon II. stupňa: } P_{iz2} = \dot{m}_2 \cdot (h_4 - h_3') = 0,815 \cdot (1027,00 - 1006,00) = 22,5 \text{ kW}$$

Spotreba chladiacej vody

ha.) pre kondenzátor - Teplo odvedené v kondenzátore:

$$\dot{Q}_k = \dot{m}_2 \cdot (h_4 - h_5) = 1,07 \cdot (1027,00 - 881,93) = 155 \text{ kW}$$

Množstvo chladiacej vody:

$$\dot{m}_{wk} = \frac{\dot{Q}_k}{c_p \cdot \Delta t_w} = \frac{155}{4,1868 \cdot 8} = 4,63 \text{ kg.s}^{-1}$$

hb.) pre dochladzovač - Teplo odvedené v dochladzovači:

$$\dot{Q}_d = \dot{m}_2 \cdot (h_5 - h_6) = 1,07 \cdot (881,93 - 867,21) = 15,8 \text{ kW}$$

Množstvo chladiacej vody:

$$\dot{m}_{wd} = \frac{\dot{Q}_d}{c_p \cdot \Delta t_d} = \frac{15,8}{4,1868 \cdot 8} = 0,472 \text{ kg.s}^{-1}$$

Veľkosti teplovýmenných plôch

ia.) pre výparník:

Stredný logaritmický teplotný spád medzi soľankou a vyparujúcim sa chladivom.

$$\delta_{sv} = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\ln \frac{\delta_1}{\delta_2}} = \frac{10 - 5}{\ln \frac{10}{5}} = \underline{\underline{7,21 \text{ } ^\circ\text{C}}}$$

Veľkosť teplovýmennej plochy:

$$S_v = \frac{\dot{Q}_o}{k_v \cdot \delta_{sv}} = \frac{112,8 \cdot 10^{-3}}{220 \cdot 7,21} = \underline{\underline{71,1 \text{ m}^2}}$$

ib.) pre kondenzátor:

Stredný logaritmický teplotný spád medzi kondenzujúcim chladivom a vyparujúcim sa chladivom.

$$\delta_{sk} = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\ln \frac{\delta_1}{\delta_2}} = \frac{11 - 3}{\ln \frac{11}{3}} = \underline{\underline{6,16 \text{ } ^\circ\text{C}}}$$

Veľkosť teplovýmennej plochy:

$$S_k = \frac{\dot{Q}_k}{k_k \cdot \delta_{sk}} = \frac{155 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 6,16} = 50,2 \text{ m}^2$$

ic.) pre dochladzovač:

Stredný logaritmický teplotný spád medzi chladivom a vodou.

$$\delta_{sdv} = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\ln \frac{\delta_1}{\delta_2}} = \frac{10 - 3}{\ln \frac{10}{3}} = \underline{\underline{5,81 \text{ } ^\circ\text{C}}}$$

Veľkosť teplovýmennej plochy:

$$S_d = \frac{\dot{Q}_d}{k_k \cdot \delta_{sd}} = \frac{15,8 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 5,81} = 5,42 \text{ m}^2$$

Príklad č. 8

Urobte tepelný výpočet chladiaceho zariadenia s chladivom R12 určeného k ochladzovaniu 20 000 kg za hodinu soľanky R a 10 000 kg za hodinu vody. Soľanka o mernej hmotnosti $\rho_{15} = 1230 \text{ kg.m}^{-3}$ ($c_p - 20 = 2,845 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$) samá ochladí z teploty $-8 \text{ } ^\circ\text{C}$ na $-22 \text{ } ^\circ\text{C}$, voda z teploty $+8 \text{ } ^\circ\text{C}$ na $+4 \text{ } ^\circ\text{C}$. K dispozícii je dostatočné množstvo chladiacej vody o teplote $+26 \text{ } ^\circ\text{C}$ a menšie množstvo vody o teplote $+19 \text{ } ^\circ\text{C}$. Chladiacu vodu je možné v zariadení ohriať o $+7 \text{ } ^\circ\text{C}$. Zariadenie navrhnete ako dvojstupňové s chladiacou povinnosťou v dvoch stupňoch.

Určite:

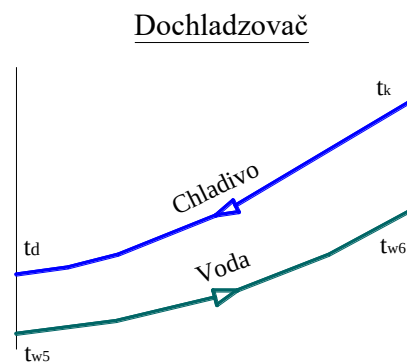
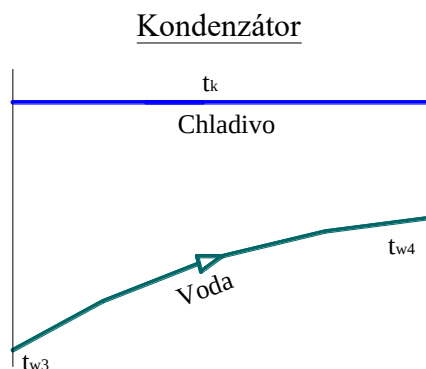
Hlavné teploty a tlaky v zariadení

Schému zariadenia a znázornenie v tepelnom diagrame

1. Chladiace výkony
2. Množstvo obiehajúceho chladiva
3. Objem pár nasávaných kompresorom. Prehriatie pary v prvom stupni o 10 °C, v druhom stupni o 10 °C
4. Izoentropický príkon kompresora
5. Spotrebu chladiacej vody

Riešenie:

Hlavné teploty a tlaky v zariadení



$$t_k = t_{w4} + \Delta t + \delta k_2$$

$$t_k = 26 + 7 + 3$$

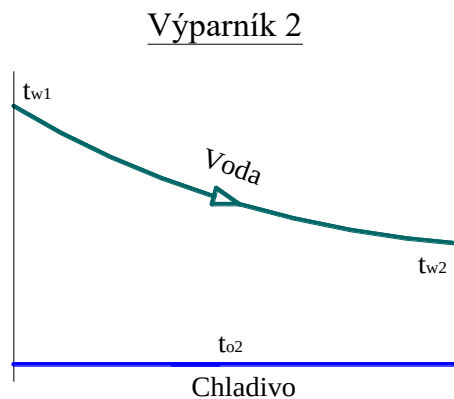
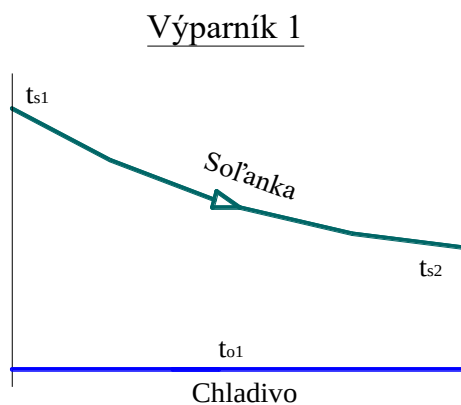
$$t_k = 36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$p_k = 0,87171 \text{ MPa}$$

$$t_d = t_{w5} + \delta d_2$$

$$t_d = 19 + 3$$

$$t_d = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$$



$$t_{o1} = t_{s2} - \delta v_4$$

$$t_{o1} = -22 - 3$$

$$t_{o1} = -27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{o2} = t_{w2} - \delta v_2$$

$$t_{o2} = 4 - 3$$

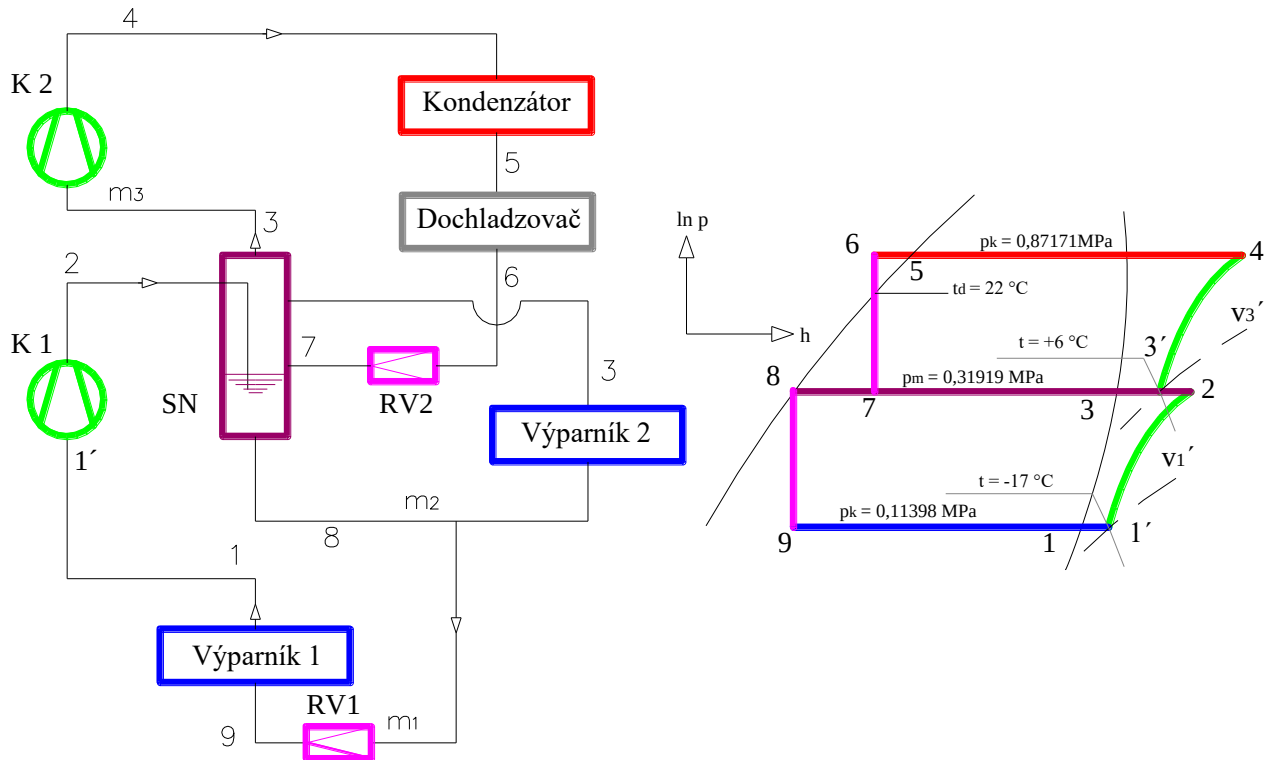
$$t_{o2} = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$p_{o1} = 0,11398 \text{ MPa}$$

$$p_{o2} = 0,31919 \text{ MPa}$$

Vzhľadom k tomu, že zariadenie je navrhnuté ako dvojstupňové s chladiacou povinnosťou v dvoch stupňoch, tlak v stredotlakej nádobe je daný tlakom v druhom výparníku, ktorý je k nej paralelne pripojený.

Schéma zapojenia a znázornenie v tepelnom diagrame



Odčítané hodnoty z parnej tabuľky:

$$h_1 = 988,52 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_{3'} = 1005,50 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_{1'} = 994,50 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_4 = 1024,00 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_2 = 1013,00 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_5 = 882,93 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_3 = 1001,29 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_6 = h_7 = 869,14 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$v_{1'} = 0,150 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$$

$$h_8 = h_9 = 849,24 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$v_{3'} = 0,056 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$$

Výpočet chladiacich výkonov

ca.) Teplo odvedené soľanke

$$\dot{Q}_{o1} = \dot{m}_s \cdot c_{ps} \cdot (t_{s1} - t_{s2}) = \frac{20000}{3600} \cdot 2,845 \cdot ((-18) - (-22)) = 63,3 \text{ kW}$$

cb.) Teplo odvedené ochladzovanej vode

$$\dot{Q}_{o2} = \dot{m}_w \cdot c_{pw} \cdot (t_{w1} - t_{w2}) = \frac{10000}{3600} \cdot 4,1868 \cdot (8 - 4) = 46,4 \text{ kW}$$

Množstvo obiehajúceho chladiva

da.) Výparníkom 1:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_{o1}}{h_1 - h_9} = \frac{63,3}{988,52 - 849,24} = 0,455 \text{ kg.s}^{-1}$$

db.) Výparníkom 2:

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{Q}_{o2}}{h_3 - h_8} = \frac{46,4}{1001,29 - 849,24} = 0,306 \text{ kg.s}^{-1}$$

dc.) Druhým stupňom kompresora (tepelná bilancia stredotlakej nádoby)

$$\dot{m}_1 h_2 + \dot{m}_2 h_3 + \dot{m}_3 h_7 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) h_8 + \dot{m}_3 h_3$$

$$\dot{m}_3 = \frac{\dot{m}_1 \cdot (h_1 - h_8) + \dot{m}_2 \cdot (h_3 - h_8)}{h_3 - h_7} = \frac{\dot{m}_1 \cdot (h_2 - h_2) + Q_{o2}}{h_3 - h_7}$$

$$\dot{m}_3 = \frac{0,455 \cdot (1013,0 - 849,24) + 46,4}{1001,29 - 869,14} = 0,917 \text{ kg.s}^{-1}$$

Objemy pár v sacom hrdle kompresora

ea.) v I. stupni: $\dot{V}_1 = \dot{m}_1 \cdot v_1' = 0,455 \cdot 0,150 = 0,0682 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

eb.) v II. stupni: $\dot{V}_2 = \dot{m}_2 \cdot v_3' = 0,917 \cdot 0,056 = 0,0512 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Izoentropický príkon kompresora

fa.) príkon I. stupňa: $\dot{P}_{iz1} = \dot{m}_1 \cdot (h_2 - h_1') = 0,455 \cdot (1013,00 - 994,5) = 8,42 \text{ kW}$

fb.) príkon II. stupňa: $\dot{P}_{iz2} = \dot{m}_3 \cdot (h_4 - h_3') = 0,917 \cdot (1024,00 - 1005,5) = 17 \text{ kW}$

Spotreba chladiacej vody

ga.) pre kondenzátor - Teplo odvodené v kondenzátore:

$$\dot{Q}_k = \dot{m}_2 \cdot (h_4 - h_5) = 0,917 \cdot (1024,00 - 882,93) = 129,5 \text{ kW}$$

Množstvo chladiacej vody:

$$\dot{m}_{wk} = \frac{\dot{Q}_k}{c_{pw} \cdot \Delta_{tw}} = \frac{129,5}{4,1868 \cdot 7} = 4,41 \text{ kg.s}^{-1}$$

gb.) pre dochladzovač - Teplo odvedené v dochladzovači:

$$\dot{Q}_d = \dot{m}_3 \cdot (h_5 - h_6) = 0,917 \cdot (882,93 - 869,14) = 12,65 \text{ kW}$$

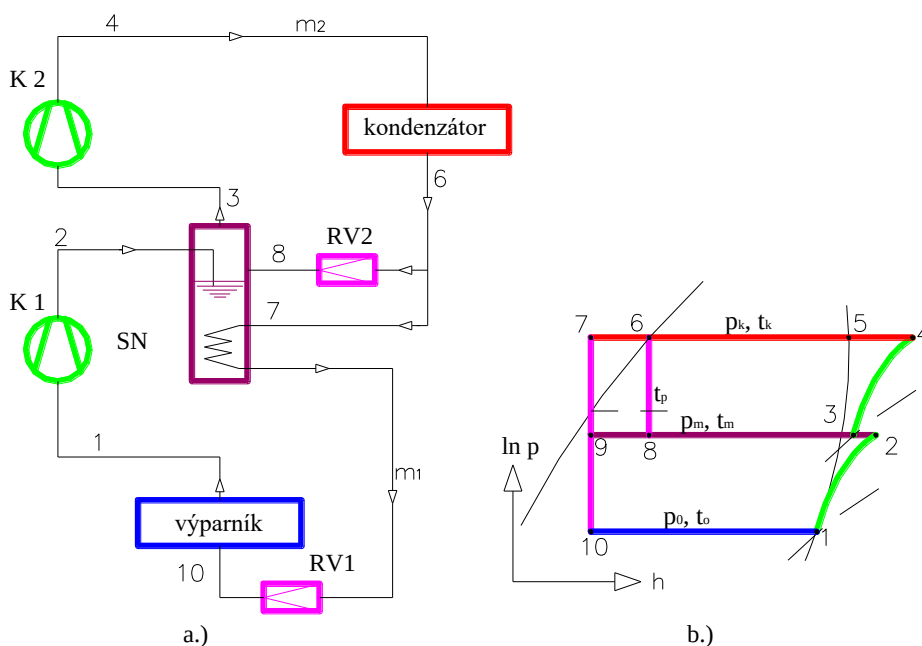
Množstvo chladiacej vody:
$$\dot{m}_{wd} = \frac{\dot{Q}_d}{c_{pd} \cdot \Delta t_d} = \frac{12,65}{4,1868 \cdot 7} = 0,432 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Dvojstupňový okruh s nepriechodovou stredotlakou nádobou

Výhodou tohto okruhu oproti predošlému je jednostupňové škrtenie z tlaku kondenzačného na nižší vyparovací tlak. Používa sa preto tam, kde chceme zabrániť vyparovaniu chladiva v kvapalinovom potrubí rovnako pri dlhom potrubí alebo ak sú výparníky položené značne vyššie ako stredotlaká nádoba. Ak v predchádzajúcom zapojení s priechodovou stredotlakou nádobou bol pre dopravu kvapaliny od tej nádoby k výparníku 1 k dispozícii tlakový spád $p_m - p_o$, tak v zapojení s nepriechodovou je tento spád $p_k - p_o$. Z tepelného hľadiska je tento obeh menej priaznivý, pretože s ohľadom na nižšie podchladenie chladiva je menšia hmotnostná chladivosť a tým tiež nižšie výkonové číslo.

Okruh s chladiacou povinnosťou v jednom stupni:

Schéma zapojenia takéhoto okruhu a znázornenie tepelného p-h diagramu je na obrázku.



Obrázky a.), b.) Dvojstupňové zapojenie s nepriechodovou stredotlakou nádobou s chladiacou povinnosťou v jednom stupni

Základné výpočtové vzťahy sú:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_{o1}}{h_1 - h_{10}} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 \frac{h_2 - h_7}{h_3 - h_8} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{V}_1 = \dot{m}_1 v_1 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

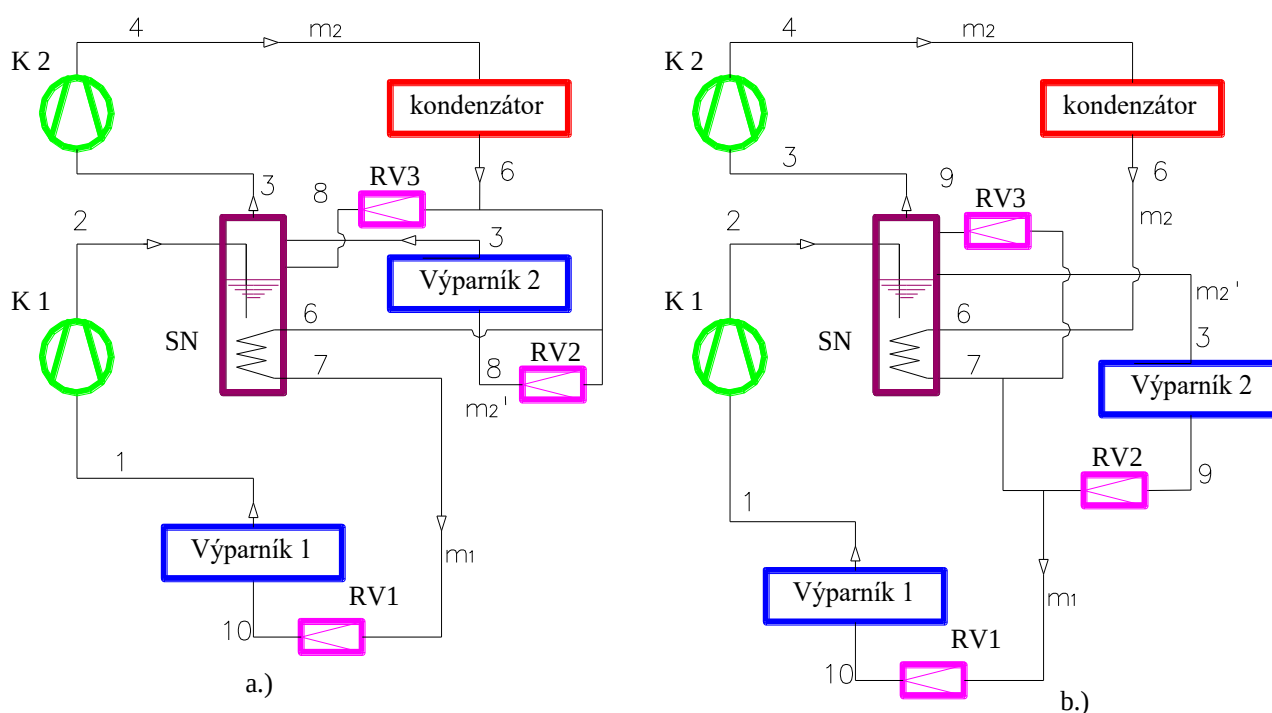
$$\dot{V}_2 = \dot{m}_2 v_3 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{Q}_K = \dot{m}_2 (h_4 - h_6) \quad (\text{kW})$$

$$\dot{P}_{iz} = \dot{m}_1 (h_2 - h_1) + \dot{m}_2 (h_4 - h_3) \quad (\text{kW})$$

Okruh s chladiacou povinnosťou v dvoch stupňoch:

Pri chladiacej povinnosti v dvoch stupňoch môže byť použité jedno z dvoch alternatív naznačených na obrázkoch a.), b.).



Obrázok a.), b.) Dvojstupňové zapojenie s nepriechodzou stredotlakou nádobou s chladiacou povinnosťou v dvoch stupňoch

Po znázornení do tepelného diagramu sa dajú pre výpočet použiť tieto základné vzťahy:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_{o1}}{h_1 - h_{10}} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 \frac{h_2 - h_7}{h_3 - h_8} + \dot{Q}_{o2} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{V}_1 = \dot{m}_1 v_1 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{V}_2 = \dot{m}_2 v_3 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

Príklad č. 9

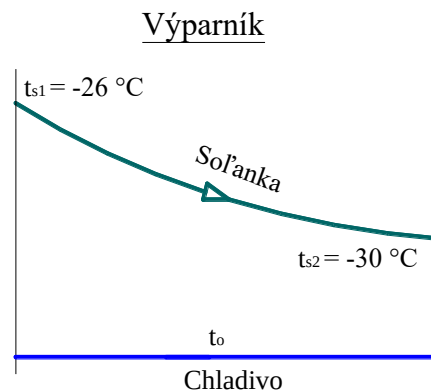
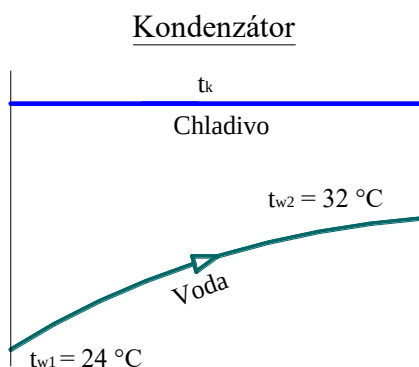
Navrhnete chladiace zariadenie s chladivom 12 pre chladenie 10 kg.s⁻¹ soľanky R z teploty z teploty – 26 °C na –30 °C. Látkové vlastnosti soľanky: $\rho = 1260 \text{ kg.m}^{-3}$, $c_p = 2,74 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Zariadenie navrhnete dvojstupňové s nepriechodovou stredotlakou nádobou. V mieste stavby je dostatočné množstvo chladiacej vody o teplote +24 °C a menšie množstvo vody o teplote +17 °C.

Určite:

1. Stanovte hodnoty tlakov a teplôt príslušných častí zariadenia
2. Navrhnete a nakreslite zariadenie
3. Nakreslite tepelný ln p-h diagram
4. Vypočítajte obiehajúce množstvo chladiva
5. Stanovte objem pár nasávaných kompresorom
6. Vypočítajte izoentropický príkon kompresora
7. Určite teplo odvedené v kondenzátore a dochladzovači
8. Určite spotrebu chladiacej vody

Riešenie:

Stanovenie tlakov a teplôt zariadenia



$$t_k = t_{w2} + \delta k_2$$

$$t_k = 32 + 3$$

$$t_k = 35 \text{ °C}$$

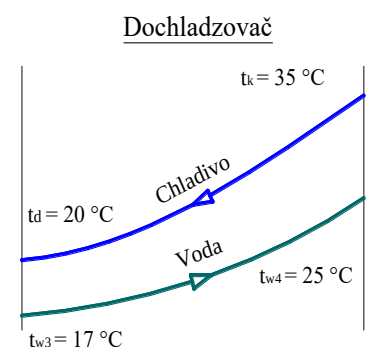
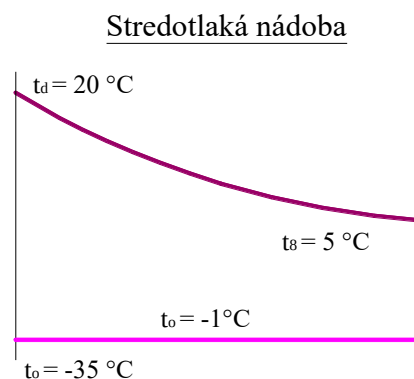
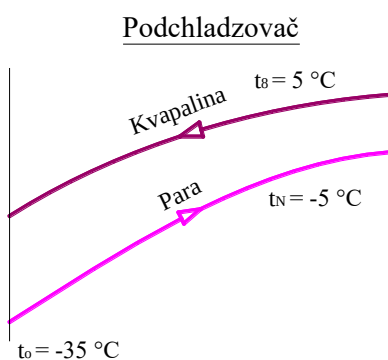
$$t_o = t_{s2} - \delta s_2$$

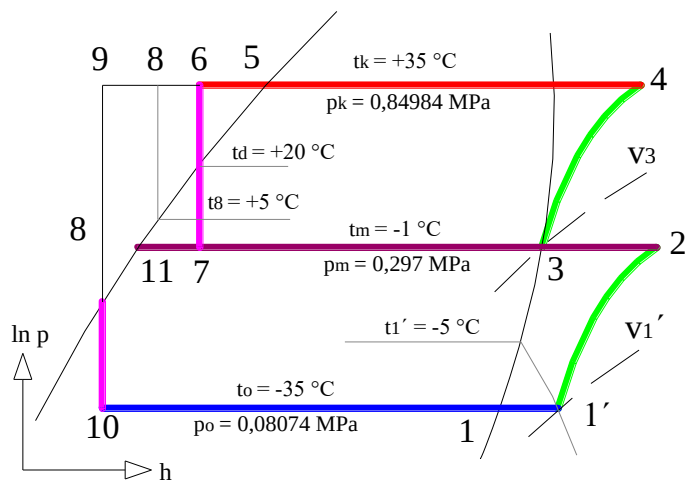
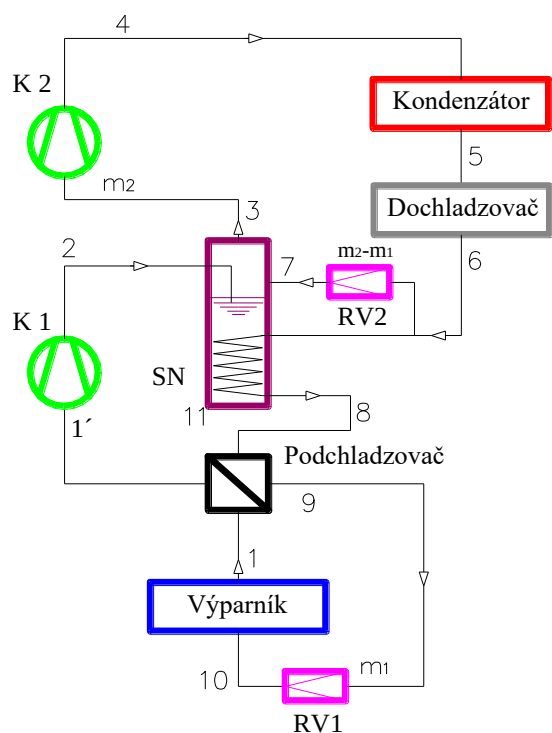
$$t_o = -30 - 5$$

$$t_o = -35 \text{ °C}$$

$$p_k = 0,84984 \text{ MPa}$$

$$p_o = 0,08074 \text{ MPa}$$





Tlak v stredotlakej nádobe:

$$p_m = \sqrt{p_k \cdot p_o} + 0,35 = \sqrt{0,84984 \cdot 0,08074} + 0,35 = 0,297 \text{ MPa}$$

$$t_m = -1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Odčítanie stavov chladiva z parných tabuliek

$$h_1 = 984,74 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_{1'} = 1002,50 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_2 = 1027,00 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_3 = 1000,41 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_4 = 1018,50 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_5 = 881,93 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_6 = h_7 = 867,21 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_8 = 852,98 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_9 = h_{10} = h_8 - (h_{1'} - h_1) = 835,22 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_{11} = 847,39 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$v_{1'} = 0,221 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$$

$$v_3 = 0,0575 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$$

Teplo odvedené soľanke:

$$\dot{Q}_o = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta t_s = 10,2,74 \cdot 4 = 109,6 \text{ kW}$$

d.) Množstvo obiehajúceho chladiva

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_o}{h_1 - h_{10}} = \frac{109,6}{984,74 - 835,22} = 0,733 \text{ kg.s}^{-1}$$

Druhým stupňom kompresora (tepelná bilancia stredotlakej nádoby)

$$\dot{m}_1 h_2 + \dot{m}_1 h_6 + (\dot{m}_3 - \dot{m}_1) h_7 = \dot{m}_2 h_3 + \dot{m}_1 h_8$$

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{m}_1 (h_2 - h_8)}{h_3 - h_7} = 0,733 \frac{1027,0 - 852,98}{100,41 - 867,21} = 0,958 \text{ kg.s}^{-1}$$

Objemy pár v sacom hrdle kompresora

ea.) v I. stupni: $\dot{V}_1 = \dot{m}_1 \cdot v_1' = 0,733 \cdot 0,221 = 0,162 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

eb.) v II. stupni: $\dot{V}_2 = \dot{m}_2 \cdot v_3 = 0,958 \cdot 0,0575 = 0,0551 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Izoentropický príkon kompresora

fa.) príkon I. stupňa: $\dot{P}_{iz1} = \dot{m}_1 \cdot (h_2 - h_1') = 0,733 \cdot (1027,00 - 1002,5) = 18 \text{ kW}$

fb.) príkon II. stupňa: $\dot{P}_{iz2} = \dot{m}_3 \cdot (h_4 - h_3) = 0,958 \cdot (1018,5 - 1000,41) = 17,3 \text{ kW}$

Teplo odvedené z okruhu

V kondenzátore: $\dot{Q}_k = \dot{m}_2 \cdot (h_4 - h_5) = 0,958 \cdot (1018,5 - 881,93) = 130,9 \text{ kW}$

V dochladzovači: $\dot{Q}_d = \dot{m}_2 \cdot (h_5 - h_6) = 0,958 \cdot (881,93 - 867,21) = 14 \text{ kW}$

Spotreba chladiacej vody

ha.) Množstvo chladiacej vody pre kondenzátor

$$\dot{m}_{wk} = \frac{\dot{Q}_k}{c_{pw} \cdot \Delta_{tw}} = \frac{130}{4,1868 \cdot 8} = 3,9 \text{ kg.s}^{-1}$$

hb.) Množstvo chladiacej vody pre dochladzovač

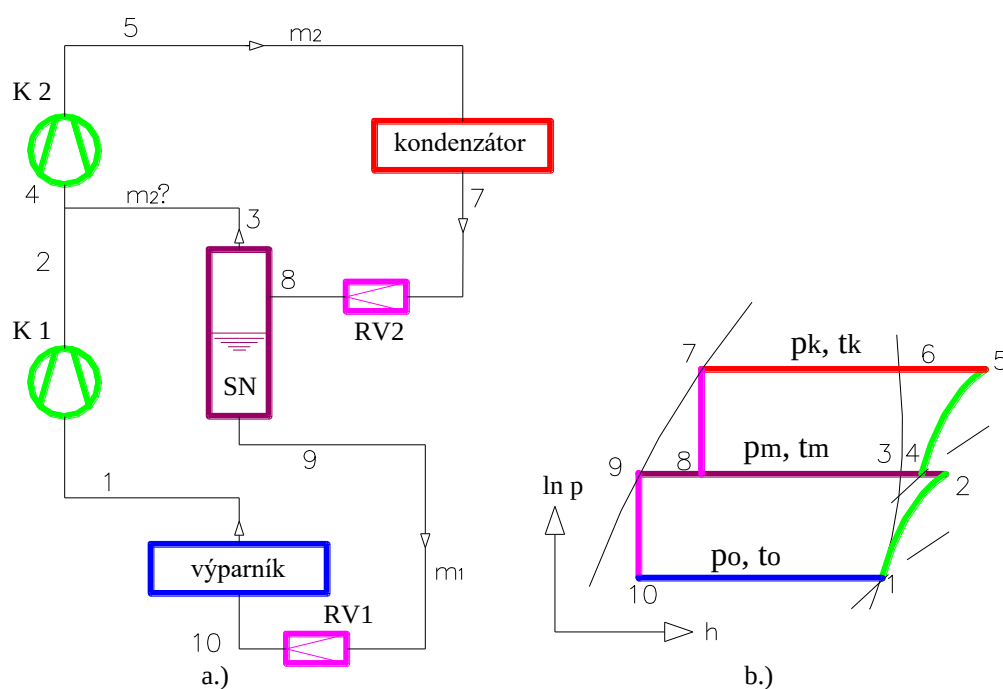
$$\dot{m}_{wd} = \frac{\dot{Q}_d}{c_{pw} \cdot \Delta_{tw}} = \frac{14}{4,1868 \cdot 8} = 0,418 \text{ kg.s}^{-1}$$

Dvojstupňový okruh s odlučovačom pár

Zapojenie tohoto okruhu je pomerne jednoduché, ale obeh je menej hospodárny než okruhy skôr popísané. Schladenie pár medzi stupňami sa dosahuje iba zmiešaním prehriatej pary z výtlaku prvého stupňa s parami vzniknutými pri škrtení kvapaliny vo ventile RV 2.

Tento okruh sa používa u turbokompresorových zariadení, kedy zväčšený prietochový objem zvyšuje účinnosť hlavne na posledných stupňoch.

Schéma zapojenia je na obrázku a.), tepelný diagram na obrázku b.).



Obrázky a.), b.) Dvojstupňové zapojenie s odlučovačom pár s chladiacou povinnosťou v jednom stupni

Základné výpočtové vzťahy sú:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_{o1}}{h_1 - h_{10}} \quad (\text{kg.s}^{-1})$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 + \frac{h_8 - h_9}{h_3 - h_8} \quad (\text{kg.s}^{-1})$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 + \dot{m}_{2'} = \dot{m}_1 \frac{h_3 - h_9}{h_3 - h_8} \quad (\text{kg.s}^{-1})$$

$$h_4 = \frac{\dot{m}_1 h_2 + \dot{m}_2' h_3}{\dot{m}_2} = h_3 + \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} (h_2 - h_3) \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$$

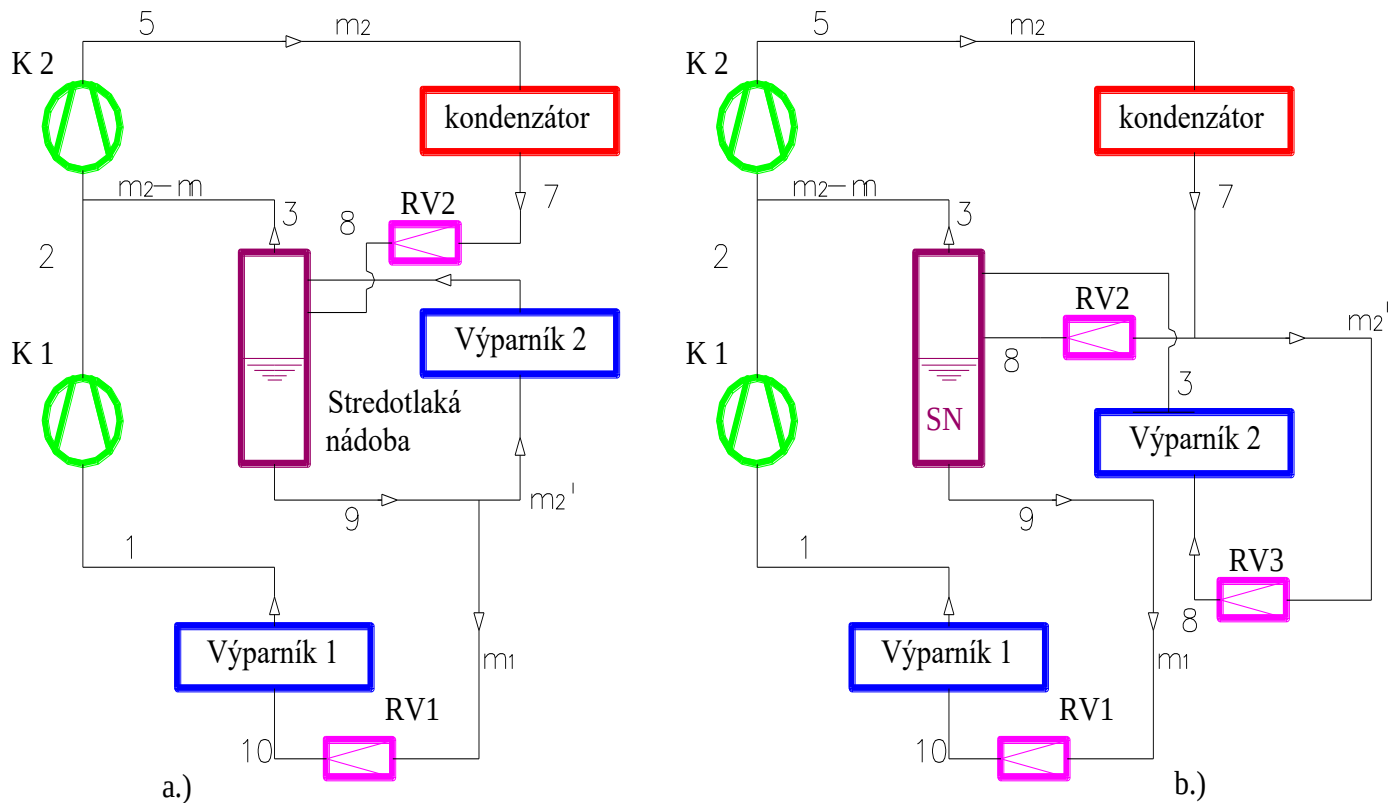
$$\dot{V}_1 = \dot{m}_1 v_1 \quad (\text{m}^3.\text{s}^{-1})$$

$$\dot{V}_2 = \dot{m}_2 v_4 \quad (\text{m}^3.\text{s}^{-1})$$

$$\dot{Q}_K = \dot{m}_2(h_6 - h_7) \quad (\text{kW})$$

$$\dot{P}_{iz} = \dot{m}_1(h_2 - h_1) + \dot{m}_2(h_5 - h_4) \quad (\text{kW})$$

Dve základné tepelné rovnomerné schémy tohoto zapojenia sú na obrázkoch a.), b.), pričom o ich použiteľnosti platí to isté, čo bolo uvedené u okruhov s priechodovou stredotlakou nádobou.



Obrázky a.), b.) Dvojstupňové zapojenie s odlučovačom pár s chladiacou povinnosťou v dvoch stupňoch

Základné výpočtové vzťahy sú:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_{o1}}{h_1 - h_{10}} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{m}_1(h_3 - h_9) + Q_{o2}}{h_3 - h_8} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$h_4 = h_3 + \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2}(h_2 - h_3) \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$$

$$\dot{V}_1 = \dot{m}_1 v_1 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\dot{V}_2 = \dot{m}_2 v_2 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

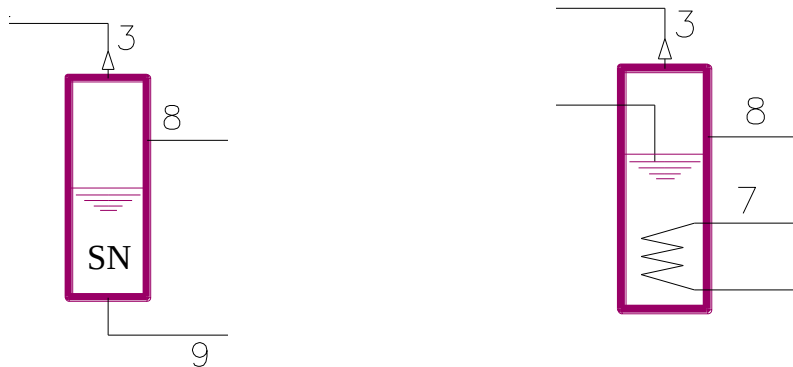
Pre alternatívu a.)

$$\dot{m}_{2'} = \frac{\dot{Q}_{o2}}{h_3 - h_9} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

Pre alternatívu b.)

$$\dot{m}_{2'} = \frac{\dot{Q}_{O2}}{h_3 - h_8} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

Znázornenie rozdielu priechodzej a nepriechodzej stredotlakej nádoby



Na obrázkoch je znázornený rozdiel medzi priechodzou a nepriechodzou stredotlakou nádobou.

8. Viacstupňové a kaskádne okruhy

Z týchto okruhov sú bežné okruhy trojstupňové s jednou alebo viac chladiacimi povinnosťami. Ich zapojenie a výpočet odpovedá skôr popísaným alternatívam.

Veľmi častá je v týchto okruhoch kombinácia priechodziech a nepriechodziech stredotlakých nádob, ako je tiež uvedené na nasledujúcom obrázku 9.1.

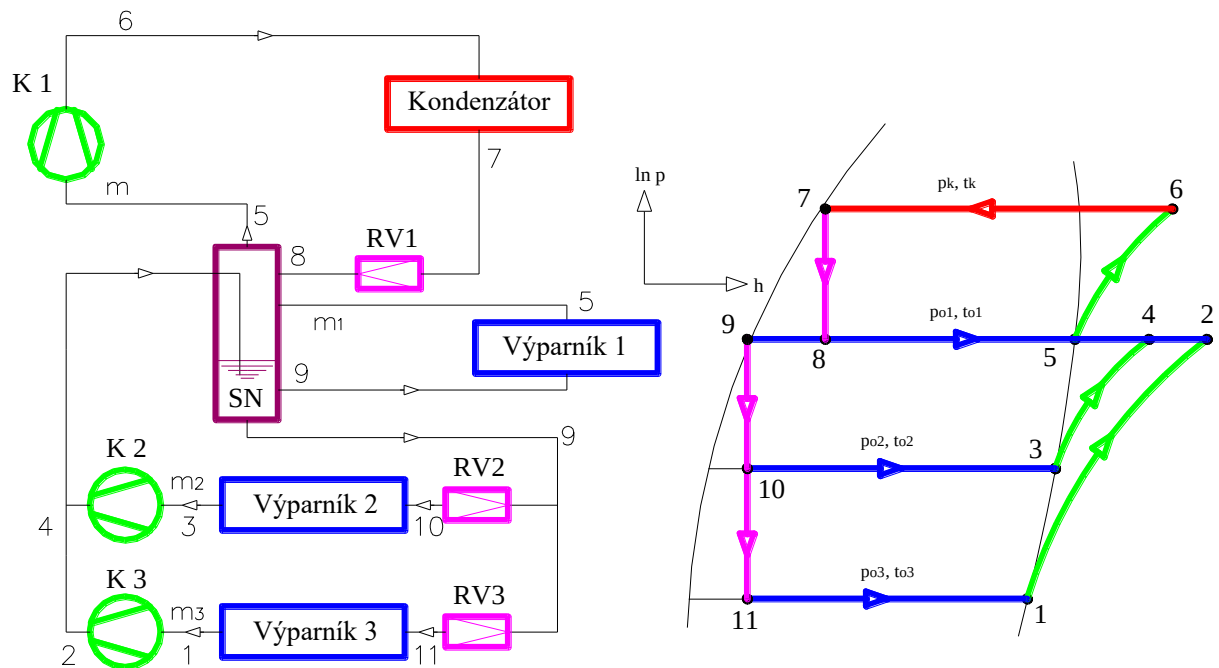
Príklad č. 10

Máme dvojstupňové chladiace zariadenie pracujúce s tromi výparníkmi. Jednotlivé chladiace výkony sú $Q_{o1} = 100 \text{ kW}$, $Q_{o2} = 100 \text{ kW}$, $Q_{o3} = 200 \text{ kW}$. Ich vyparovacia teplota je $t_{o1} = -10^\circ\text{C}$, $t_{o2} = -30^\circ\text{C}$, $t_{o3} = -40^\circ\text{C}$, pričom kondenzačná teplota je $t_k = 35^\circ\text{C}$. Zariadenie pracuje s chladivom amoniak R717.

Určite:

1. Schému zapojenia a tepelný diagram
2. Hmotnostnú chladivosť
3. Obiehajúce množstvo chladiva
4. Izoentropický príkon kompresora
5. Chladiaci súčiniteľ, výkonové číslo

Riešenie: Schéma zapojenia a tepelný p-h diagram



Obrázky Dvojstupňové chladiace zariadenie pracujúce s tromi výparníkmi
Odčítané stavy chladiva z parných tabuliek

$$h_1 = 1706,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_2 = 1885,4 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_3 = 1722,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_4 = 1836,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_5 = 1750,5 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_6 = 1972,3 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_7 = h_8 = 666,0 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_9 = h_{10} = h_{11} = 454,4 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$p_{o1} = 0,07159 \text{ MPa}$$

$$p_{o2} = 0,11936 \text{ MPa}$$

$$p_{o3} = 1,3499 \text{ MPa}$$

Pomer pary a kvapaliny (mokrú para):

$$x_8 = \frac{h_8 - h_9}{h_5 - h_9} = \frac{660,0 - 454,1}{1750,5 - 454,1} = 0,16345 \text{ kg.kg}^{-1}$$

Hmotnostná chladivosť

$$\text{Hmotnostná chladivosť výparníka č. 1: } q_{o1} = h_5 - h_9 = 1750 - 454,1 = 1296 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\text{Hmotnostná chladivosť výparníka č. 2: } q_{o2} = h_3 - h_{10} = 1772,2 - 454,1 = 1268,1 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\text{Hmotnostná chladivosť výparníka č. 3: } q_{o3} = h_4 - h_{11} = 1706,2 - 454,1 = 1252,1 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Obiehajúce množstvo chladiva

$$\text{ca.) výparníkom č. 1 } \dot{m}_1 = \frac{\dot{Q}_{o1}}{q_{o1}} = \frac{100}{1296,4} = 0,077 \text{ kg.s}^{-1}$$

$$\text{cb.) výparníkom č. 2 } \dot{m}_2 = \frac{\dot{Q}_{o2}}{q_{o2}} = \frac{100}{1268,1} = 0,07886 \text{ kg.s}^{-1}$$

$$\text{cc.) výparník č. 3 } \dot{m}_3 = \frac{\dot{Q}_{o3}}{q_{o3}} = \frac{200}{1252,1} = 0,15973 \text{ kg.s}^{-1}$$

cd.) Časť obiehajúceho množstva chladiva ($\dot{m}_0$) nachádzajúce sa vo výparníkoch č. 1 a 2, ktoré je nasávané kompresormi č. 2 a 3 :

$$\dot{m}_0 \cdot (h_5 - h_9) = \dot{m}_2 \cdot (h_4 - h_5) + \dot{m}_3 \cdot (h_2 - h_5) \Rightarrow$$

$$\dot{m}_0 = \frac{[\dot{m}_2 \cdot (h_4 - h_5) + \dot{m}_3 \cdot (h_2 - h_5)]}{h_5 - h_9}$$

$$\dot{m}_0 = \frac{[0,07886 \cdot (1836,2 - 1750,5) + 0,15973 \cdot (1885,4 - 1750,5)]}{1750,5 - 454,1}$$

$$\dot{m}_0 = 0,021834 \text{ kg.s}^{-1}$$

ce.) Časť obiehajúceho množstva chladiva ($\dot{m}$) nachádzajúce sa v saní kompresora prvého stupňa

$$\dot{m} = x_8 \cdot \dot{m} + \dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_3 + \dot{m}_0$$

$$\dot{m} = \frac{(\dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_3 + \dot{m}_0)}{1 - x_8}$$

$$\dot{m} = \frac{(0,07714 + 0,07886 + 0,15973 + 0,021834)}{1 - 0,16345}$$

$$\dot{m} = 0,40352 \text{ kg.s}^{-1}$$

Izoentropický príkon kompresora

da.) Izoentropický príkon kompresora č. 1

$$w_{iz1} = h_2 - h_1 = 1972,3 - 1750,5 = 221,8 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\dot{P}_{iz1} = w_{iz1} \cdot \dot{m} = 221,8 \cdot 0,40352 = 89,5 \text{ kW}$$

db.) Izoentropický príkon kompresora č. 2

$$w_{iz2} = h_4 - h_3 = 1836,2 - 1722,2 = 114,0 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\dot{P}_{iz2} = w_{iz2} \cdot \dot{m} = 114,0 \cdot 0,07886 = 8,99 \text{ kW}$$

dc.) Izoentropický príkon kompresora č. 3

$$w_{iz3} = h_2 - h_1 = 1885,4 - 1706,2 = 179,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\dot{P}_{iz3} = w_{iz3} \cdot \dot{m} = 179,2 \cdot 0,15973 = 28,62 \text{ kW}$$

Chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo)

$$EER = \frac{\dot{Q}_{o1} + \dot{Q}_{o2} + \dot{Q}_{o3}}{\dot{P}_{iz1} + \dot{P}_{iz2} + \dot{P}_{iz3}} = \frac{100 + 100 + 200}{89,5 + 8,99 + 28,62}$$

$$EER = 3,147$$

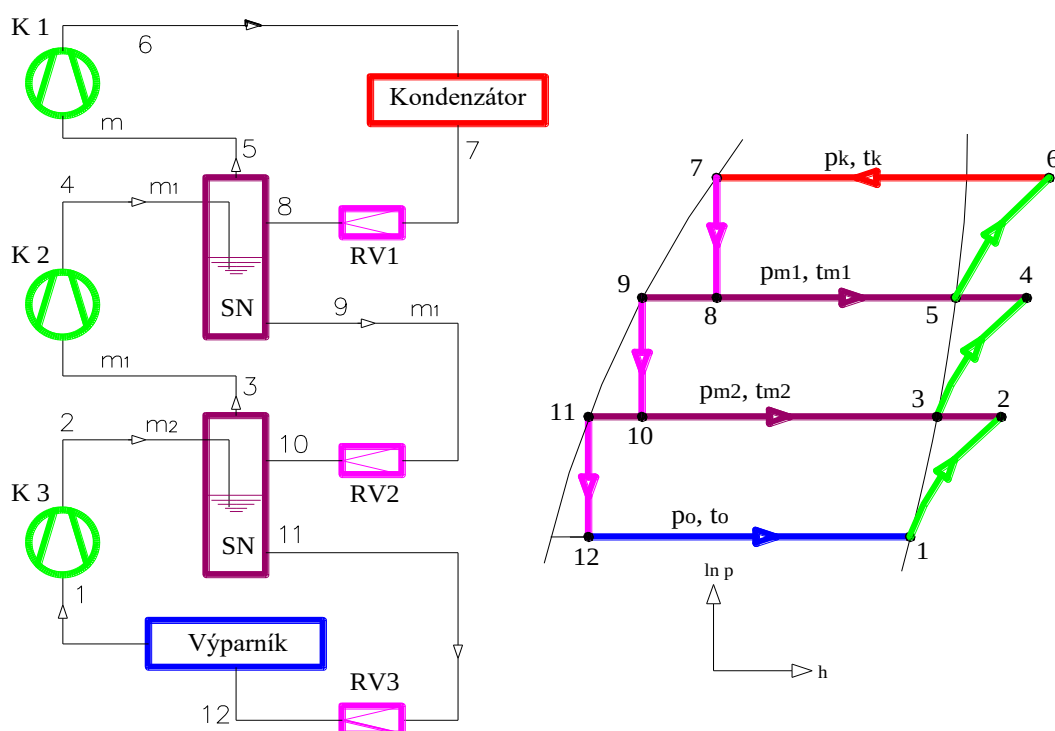
Príklad č. 11

Úloha je daná ako trojstupňové chladiace zariadenie slúžiace na dosiahnutie veľmi nízkych teplôt. Použitým chladivom je amoniak R 717. Chladiaci výkon je 100 kW, požadovaná vyparovacia teplota je $t_o = -70^\circ\text{C}$. Kondenzačná teplota je 35°C .

Určite:

1. Schému zapojenia a tepelný diagram
2. Hmotnostnú chladivosť
3. Obiehajúce množstvo chladiva
4. Izoentropický príkon kompresora
5. Chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo)

Riešenie: Schéma zapojenia a tepelný p-h diagram



Obrázok Kombinácia priechodzích stredotlakých nádob

Odčítanie stavov chladiva z parných tabuliek:

$$h_1 = 1654,3 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_2 = 1843,0 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_5 = 1750,5 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_6 = 1972,3 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_3 = 1697,9 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_4 = 1912,0 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_7 = h_8 = 666,0 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_9 = h_{10} = 454,1 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$h_{11} = h_{12} = 296,9 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Teplota v stredotlakej nádobe sa rovná $t_{m1} = -11,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Pre určenie tlaku p_{m1} volíme $t_{m1} = -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$,

potom $p_{m1} = 0,2909 \text{ MPa}$

Pomer pary a kvapaliny (mokrú para) v bodoch 8 a 10:

$$x_8 = \frac{h_8 - h_9}{h_5 - h_9} = \frac{660,0 - 454,1}{1750,5 - 454,1} = 0,16345 \text{ kg.kg}^{-1}$$

$$x_{10} = \frac{h_{10} - h_{11}}{h_3 - h_{11}} = \frac{454,1 - 296,9}{1697,9 - 296,9} = 0,1122 \text{ kg.kg}^{-1}$$

Hmotnostná chladivosť

$$q_o = h_1 - h_{12} = 1654,3 - 296,9 = 1357,4 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Obiehajúce množstvo chladiva

ca.) kompresorom č. 3

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{Q}_o}{q_o} = \frac{100}{1357,4} = 0,07367 \text{ kg.s}^{-1}$$

cb.) Menšie množstvo obiehajúceho chladiva ($\dot{m}_{02}$) nachádzajúce sa výparníku, ktoré je nasávané kompresorom č. 3:

$$\dot{m}_{02} \cdot (h_3 - h_{11}) = \dot{m}_2 \cdot (h_2 - h_3) \Rightarrow$$

$$\dot{m}_{02} = \frac{\dot{m}_2 \cdot (h_2 - h_3)}{h_3 - h_{11}}$$

$$\dot{m}_{02} = \frac{0,07367 \cdot (1843,0 - 1697,9)}{1697,9 - 296,9}$$

$$\dot{m}_{02} = 0,00763 \text{ kg.s}^{-1}$$

cc.) Porovnanie obiehajúceho množstva chladiva $\dot{m}_1$ v stredotlakej nádobe o teplote $-45 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + x_{10} \cdot \dot{m}_1 + \dot{m}_{02}$$

$$\dot{m}_1 = \frac{(m_2 + m_{02})}{1 - x_{10}}$$

$$\dot{m}_1 = \frac{(0,07367 + 0,00763)}{1 - 0,1122}$$

$$\dot{m}_1 = 0,09157 \text{ kg.s}^{-1}$$

cd.) Menšie množstvo obiehajúceho chladiva (m_{01}) nachádzajúce sa v stredotlakej nádobe, ktoré je nasávané kompresorom č. 2:

$$\dot{m}_{01} \cdot (h_5 - h_9) = \dot{m}_1 \cdot (h_4 - h_5) \Rightarrow$$

$$\dot{m}_{01} = \frac{\dot{m}_1 \cdot (h_4 - h_5)}{h_5 - h_9}$$

$$\dot{m}_{01} = \frac{0,09157 \cdot (1912,0 - 1750,5)}{1750,5 - 454,1}$$

$$\dot{m}_{01} = 0,01141 \text{ kg.s}^{-1}$$

ce.) Porovnanie obiehajúceho množstva chladiva m v stredotlakej nádobe o teplote -10°C

$$\dot{m} = \dot{m}_1 + x_8 \cdot \dot{m} + \dot{m}_{01}$$

$$\dot{m} = \frac{(\dot{m}_1 + \dot{m}_{01})}{1 - x_8}$$

$$\dot{m} = \frac{0,09157 + 0,01141}{1 - 0,16345}$$

$$\dot{m} = 0,1231 \text{ kg.s}^{-1}$$

Izoentropický príkon kompresora

da.) Izoentropický príkon kompresora č. 1

$$w_{iz1} = h_6 - h_5 = 1972,3 - 1750,5 = 221,8 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\dot{P}_{iz1} = w_{iz1} \cdot \dot{m} = 221,8 \cdot 0,1231 = 27,304 \text{ kW}$$

db.) Izoentropický príkon kompresora č. 2

$$w_{iz2} = h_4 - h_3 = 1912,0 - 1697,9 = 214,1 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\dot{P}_{iz2} = w_{iz2} \cdot m_2 = 214,1 \cdot 0,09157 = 19,605 \text{ kW}$$

dc.) Izoentropický príkon kompresora č. 3

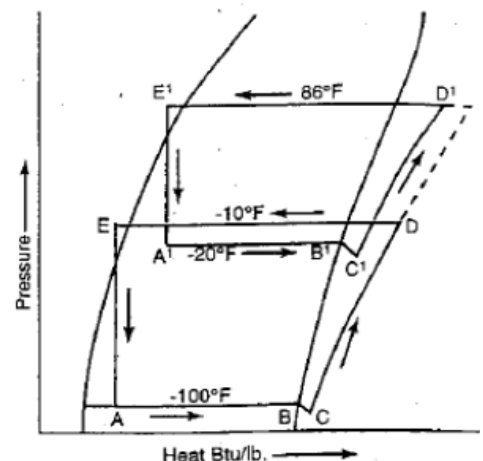
$$w_{iz3} = h_2 - h_1 = 1843,0 - 1654,3 = 188,7 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\dot{P}_{iz3} = w_{iz3} \cdot m_2 = 188,7 \cdot 0,07367 = 13,9 \text{ kW}$$

Chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo)

$$EER = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{P}_{iz1} + \dot{P}_{iz2} + \dot{P}_{iz3}} = \frac{100}{27,304 + 19,605 + 13,9}$$

$$EER = 1,6445$$



Kaskádne okruhy

Oblasť použiteľnosti každého chladiva je obmedzená jeho vlastnosťami, predovšetkým vhodnými tlakmi vyparovacími a kondenzačnými, ktoré sa snažíme, aby ležali v rozpätí 1 až 20 bar. Ak je potrebné prekonať väčšie tlakové aj tepelné rozpätie, je potrebné použiť dve alebo viac chladív, z ktorých jedno je svojimi vlastnosťami vhodné pre oblasť teploty nízke, druhé pre oblasť stredných teplôt.

Jednotlivé okruhy sú potom zapojené kaskádne, tzn. že kondenzátor nižšieho okruhu je chladený vyparujúcim sa chladivom vyššieho okruhu a je tak pre vyšší okruh výparníkom. Principiálna schéma zapojenia je na nasledujúcom obrázku.

Výpočet kaskádneho zapojenia

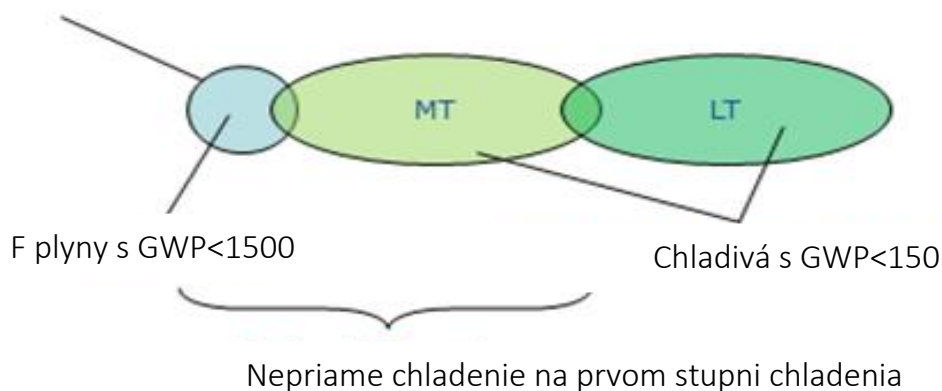
Sa vykonáva tak, že okruh každého chladiva sa rieši celkom samostatne podľa skôr uvedených zásad. Väzbu medzi dvoma okruhmi tvorí kondenzátor – výparník. Pre teplo zdieľané v tomto výmenníku musí platiť

$$Q = Q'_k = Q''_o \quad /kW/$$

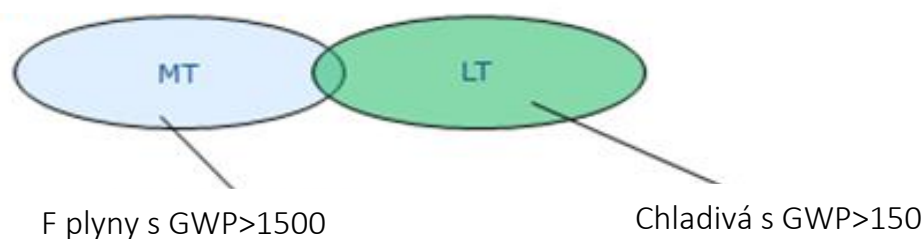
kde čiarkované hodnoty prislúchajú nižšiemu okruhu, dvakrát čiarkované k okruhu vyššiemu. Aby teplo samovoľne prechádzalo z jedného chladiva do druhého, musí byť v kondenzátory – výparníku zachovaný určitý teplotný spád

$$\Delta t = t'_k - t''_o$$

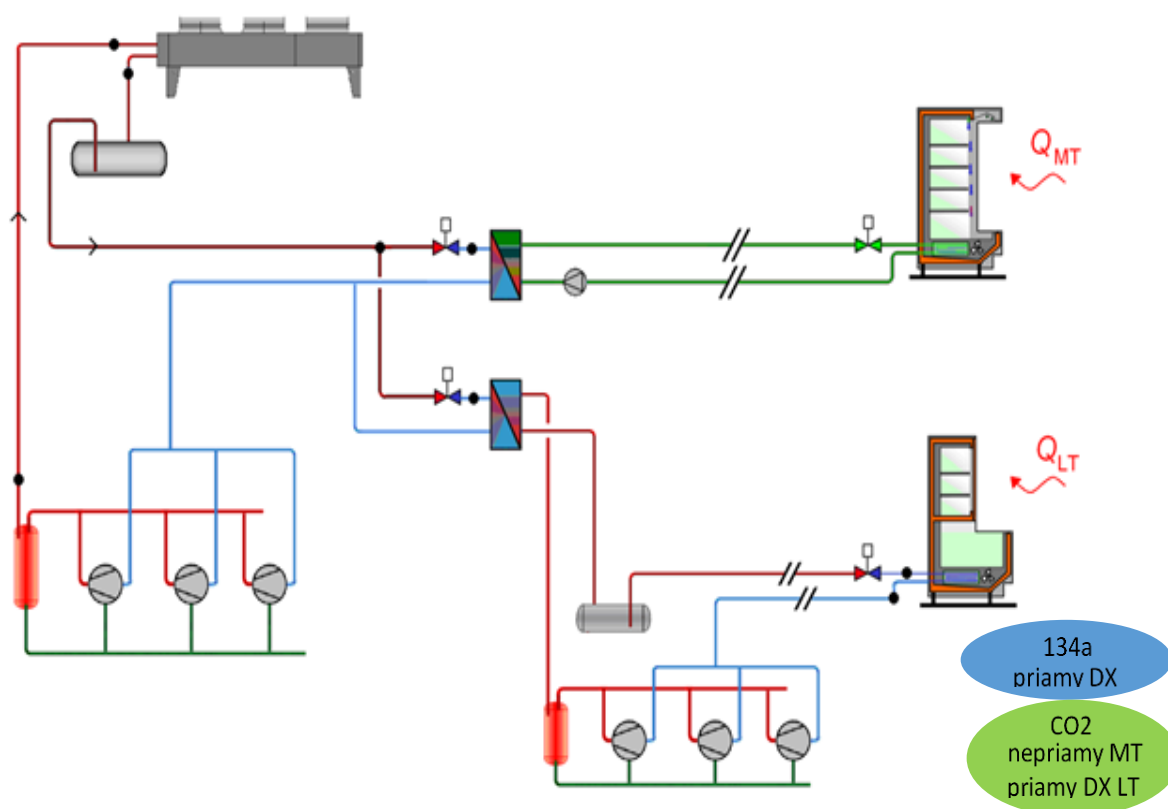
ktorý býva spravidla v rozmedzí 5 až 10°C.



Kaskády zakázané



Dovolená kaskáda s chladivom R134a (bez obmedzenia s chladivom amoniak, ktorý sa však v kaskádnych okruhoch používa menej)

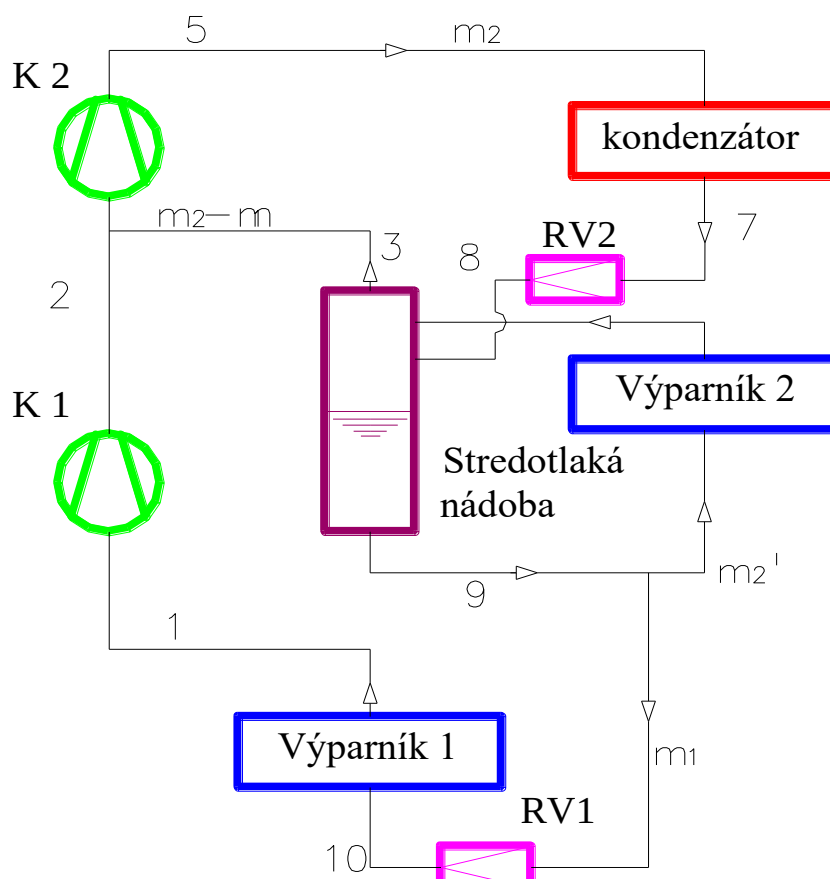


Pre združené centralizované chladiace systémy s nominálnym výkonom 40 kW a viac pre stredné teploty s nepriamym chladením s výkonom > 40 kW sa môžu použiť fluórované skleníkové plyny s GWP menej ako 1 500 v primárnom okruhu, ale len chladivo s $GWP < 150$ sa môže použiť pre MT a LT okruhy

9. Okruhy s recirkuláciou chladiva

Vo všetkých doposiaľ prebraných schémach bol uvažovaný prítok chladiva do výparníka vyvolaný rozdielom tlaku pred a za škrtiacim ventilom, pričom do výparníka bolo pridávané práve také množstvo chladiva, ktoré sa stačilo za rovnakú časovú jednotku vypariť. V mnohých prípadoch je ale účelné privádzať do výparníka viac chladiva, než sa stačí prívodom tepla vypariť a tým dosiahnuť:

- o maximálne zaplavenie teplovýmennej plochy, tým jeho plného využitia pre prestup tepla a rovnomernej teploty, pretože v žiadnej časti výparníka nedochádza k prehriatiu pár. Zlepšenie prestupu tepla na strane chladiva vplyvom núteného prietoku s odvodom oleja z výparníka.



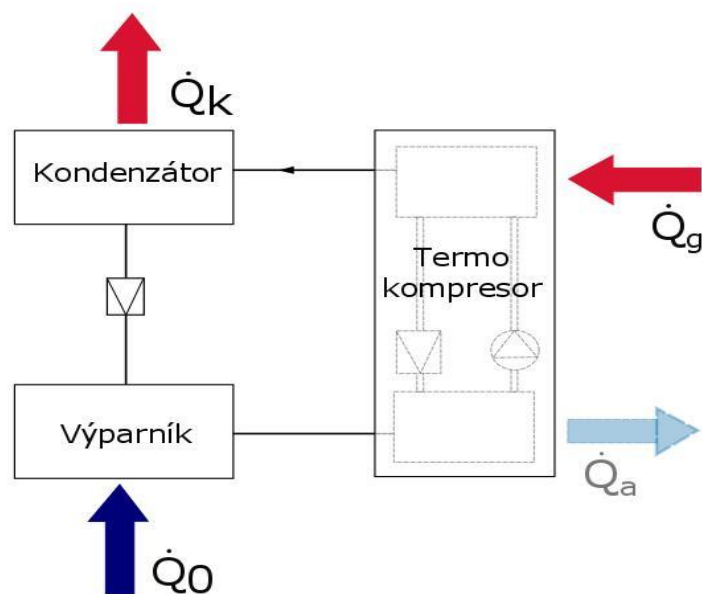
Obrázok 9.1 Recirkulácia chladiva z nízkotlakového zberača cez výparník 2

Recirkulácia chladiva

Predovšetkým sa používa vo výparníkoch vytvorených z dlhých trubiek ako napr. chladičov vzduchu, systému plôch umelých klísk a pod. Základná schéma zapojenia je na obrázku č. 9.1. Chladivo škrtené na tlak vyparovací vteká do nízkotlakového zberača a odtiaľ je čerpadlom dopravované do výparníka 2 spravidla 4 až 5 násobnom množstve chladiva vypareného a tak nasatého kompresorom. Zmes pár a kvapalného chladiva sa z výparníka vracia do zberača, para sa odlúči a je odsatá kompresorom. Čerpadlo musí byť umiestnené v dostatočnej hĺbke pod hladinou chladiva v zberači, aby prietokovými odpormi na sacej strane čerpadla nedochádzalo k vývinu pár, ktoré by znížili výkon čerpadla a ohrozili jeho činnosť.

10. Teória absorpčného obehu

Základným princípom sorpčných obehov je nahradenie kompresie tepelným pochodom "termokompresorom", v ktorom sa chladivo za nízkeho tlaku pohlcuje vhodnou látkou (absorbentom), potom sa roztok dopravuje do ďalšieho výmenníka, ktorý pracuje za vyššieho tlaku, a kde sa chladivo prívodom tepla znovu z roztoku varom uvoľňuje (vypudzuje). Výsledkom je opäť para chladiva o vyššom tlaku, ktorý odpovedá podmienkam kondenzácie. Pochod v kondenzátore a vo výparníku je väčšinou taký istý ako pri obehú parnom. Dôsledkom nahradenia mechanickej kompresie pracovnej látky tepelnými pochodmi je zmena formy pohonnej energie. Tieto zariadenia sú v prevažnej miere poháňané tepelnou energiou avšak súčasne vyžadujú aj malé množstvo elektrickej energie. Je to spôsobené prítomnosťou čerpadiel v chladiacom okruhu.



Obrázok 10.1 Sorpčné chladiace zariadenia

Druhy sorpčných obehov:

1. Absorpčný obeh, v ktorom sa pochodu absorpcie a vypudzovania zúčastňuje chladivo a kvapalný absorbent. Dvojice pracovných látok (chladivo a absorbent) musia byť volené tak, aby mali podstatne odlišné teploty bodu varu, aby boli neazeotropické a neobmedzené miešateľné s malým zmiešavacím teplom v celom rozsahu pracovných teplôt a tlakov.
2. Adsorpčný obeh, ktorý používa tuhé látky, ktoré adsorbujú na svoj povrch za nízkeho tlaku chladiva a opäť ho prívodom tepla za vyššieho tlaku uvoľňujú. Takéto zariadenie pracuje periodicky, čo je zdrojom veľkých strát a nízkeho chladiaceho faktoru, preto sa dnes ešte málo používa.
3. Resorpčný obeh, v ktorom sa pochod kondenzácie a vyparovania nahradzuje pochodom resorpcie (opätovnej absorpcie) a desorpcie (vypudzovania). Takýto obeh je veľmi zložitý, ale poskytuje možnosti veľmi hospodárnych zapojení.

4. Difúzny obeh, v ktorom sa chladivo vyparuje vo výparníku a difúziou preniká do atmosféry iného plynu. Takýto obeh sa používal s amoniakom ako chladivom, vodou ako absorbentom a vodíkom ako inertným plynom v absorpčných domácich chladničkách.

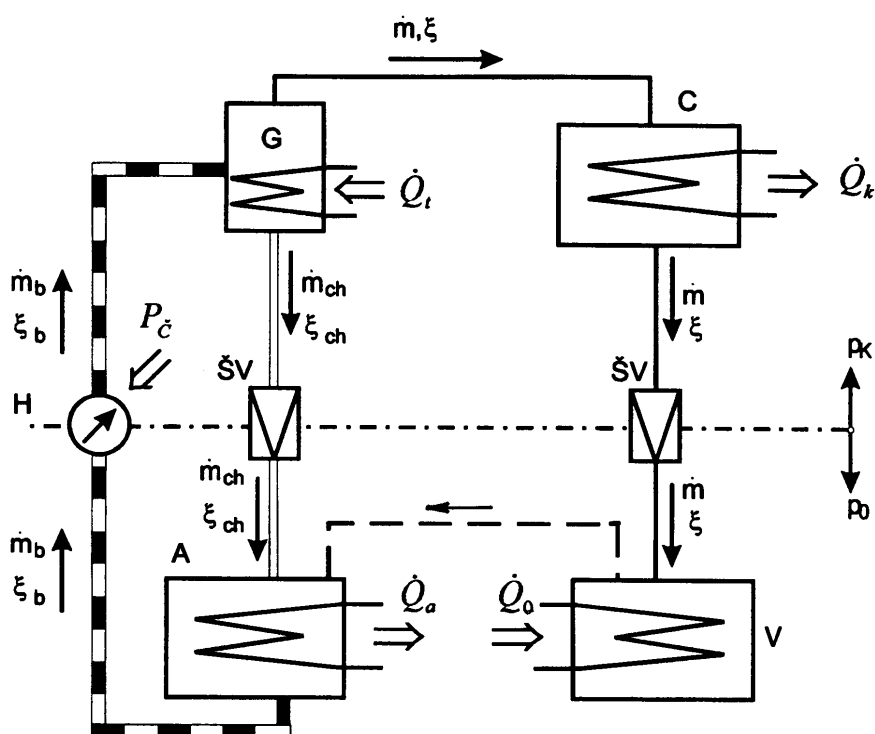
Jednostupňový a dvojstupňový absorpčný obeh

Rovnako ako u obehu parného, sú aj pri obehú absorpčnom dva dôvody použitia dvojstupňového zapojenia:

- ak je potrebné dvoch značne odlišných vyparovacích teplôt
- ak sú prevádzkové pomery také, že kompresia pár z tlaku vyparovacieho na tlak kondenzačný nemôže byť vykonaná v „jednostupňovom tepelnom kompresore“, pričom pod týmto pojmom rozumieme sústavu absorbér, čerpadlo, vypudzovač a redukčný ventil na chudý roztok.

Táto nemožnosť jednostupňovej kompresie býva spôsobená príliš veľkým rozdielom tlaku kondenzačného a vyparovacieho malým rozdielom medzi teplotou vykurovacej látky pre vypudzovač a chladiacej vody pre absorbér kombinácia predchádzajúcich prípadov

Priemyselne vyrábané absorpčné chladiace zariadenia používajú dve dvojice pracovných látok - pre podnulové teploty $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ (amoniak ako chladivo, voda ako absorbent) pre nadnulové teploty $\text{H}_2\text{O} - \text{LiBr}$ (voda ako chladivo, bromid lítový ako absorbent). Základná schéma zapojenia jednostupňového absorpčného obehu s amoniakom a vodou je na obrázku 10.2 a jeho funkcia je takáto:



Obrázok 10.2 Schéma jednostupňového kontinuálneho absorpčného zariadenia (G - vypudzovač, C - kondenzátor, V – výparník, A - absorbér, H – čerpadlo, ŠV – škrtiaci ventil)

Para chladiva vystupuje z vypudzovača (G) do kondenzátora (C), kde sa odnímaním tepla skvapalní a cez škrtiaci ventil (ŠV) ide do výparníka (V), kde sa za nízkeho tlaku p_0 prívodom tepla z chladenej látky

vyparuje. Za účelom udržiavania nízkeho tlaku vo výparníku je nutné vznikajúce pary chladiva odvádzať. Z tohto dôvodu je k výparníku pripojený absorbér (A) v ktorom sú pary chladiva pohlcované absorbentom. Ten je do absorbéra privádzaný cez škrtiaci ventil z vypudzovača a je tvorený kvapalným roztokom amoniak/voda, pričom podiel amoniaku (chladiva) je nízky - nazýva sa chudobný roztok. Absorpciou pár z výparníka rastie podiel chladiva v roztoku a vzniknutý roztok sa nazýva bohatý. Proces absorpcie je sprevádzaný uvoľňovaním zmiešavacieho tepla $\dot{Q}_a$ ktoré je potrebné odvádzať chladiacím médiom tak, aby roztok bol udržiavaný v stave varu s tendenciou k podchladzovaniu a tým bol schopný pohlcovať ďalšie pary. Bohatý roztok sa potom čerpadlom (H) dopravuje do vykurovaného vypudzovača (G), kde vrie za vysokého kondenzačného tlaku p_k a varom sa opäť rozdeľuje na paru zloženú z väčšej časti chladiva a na chudobný roztok, ktorý obsahuje väčšinu vody. Para ide do kondenzátora a chudobný roztok cez škrtiaci ventil späť do absorbéra. Pracovný cyklus zariadenia tvorí uzavretú slučku a zariadenie pracuje kontinuálne.

Ak označíme veličiny, ktoré sa týkajú chudobného roztoku indexom "ch", bohatého roztoku indexom "b" a chladiva bez indexu, bude látková a energetická bilancia uvedeného obehu takáto:

$$\dot{m}_b = \dot{m}_{ch} + \dot{m} \quad (10.1)$$

$$\dot{m}_b \cdot \xi_b = \dot{m}_{ch} \cdot \xi_{ch} + \dot{m} \cdot \xi \quad (10.2)$$

$$\dot{Q}_0 + \dot{Q}_t + P_c = \dot{Q}_a + \dot{Q}_k \quad (10.3)$$

Kde ξ je koncentrácia roztoku.

Pre prácu s h - ξ diagramom, je potrebné celý výpočet previesť na jednotkový prietok chladiva zavedením pomerných veličín pre tepelné toky $q_o = \dot{Q}_0 / \dot{m}$, $q_t = \dot{Q}_t / \dot{m}$ a pre hmotnostné prietoky $f = \dot{m}_b / \dot{m}$, $f - 1 = \dot{m}_{ch} / \dot{m}$, kde veličiny f a (f - 1) predstavujú pomerné obiehavúce množstvo bohatého resp. chudobného roztoku a možno ich vyjadriť vzťahmi:

$$f = \frac{\xi - \xi_{ch}}{\xi_b - \xi_{ch}} \quad f - 1 = \frac{\xi - \xi_b}{\xi_b - \xi_{ch}} \quad (10.4)$$

Výkonové číslo uvedeného jednostupňového kontinuálneho absorpčného chladiaceho obehu určíme zo vzťahu

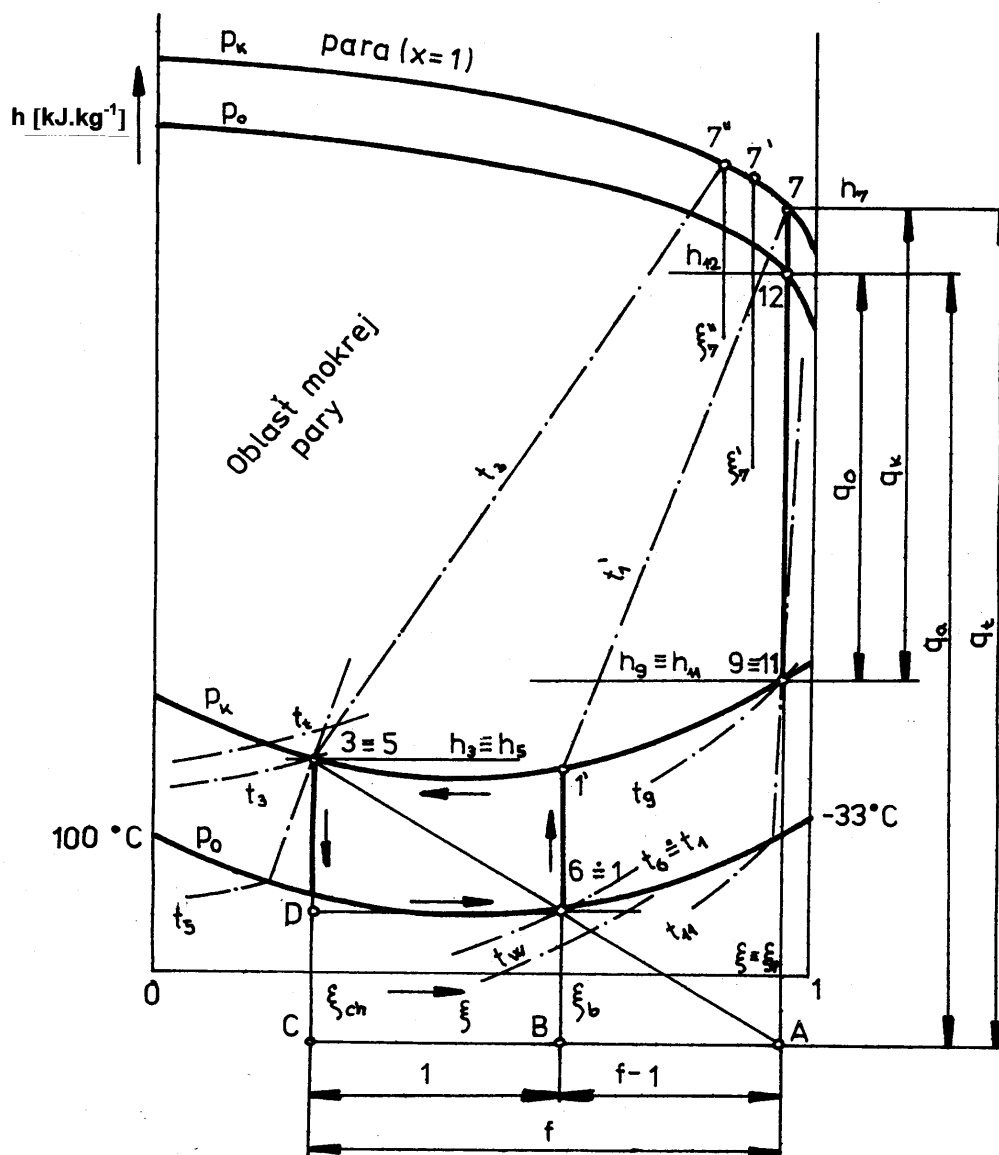
$$COP_{CH} = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_t + P_c} = \frac{q_o}{q_t} \quad (10.5)$$

V určitých prípadoch je možné zanedbať príkon čerpadla, nakoľko dosahuje iba veľmi nízkych hodnôt vzhľadom k tepelnému príkonu zariadenia a teda jeho vplyv na výkonové číslo je minimálny.

Hodnotenie sorpčných zariadení pomocou výkonového čísla (COP_{CH}) hovorí o využití pohonnej energie. Dosahované hodnoty sú v porovnaní s parnými obehmi výrazne nižšie (pre jednostupňové

absorpčné zariadenia okolo 0,7) avšak vzhľadom na fakt, že zariadenia pracujú s odlišnou pohonnou energiou nie je možné uvedené čísla priamo porovnávať. Pre vzájomné posúdenie efektívnosti je potrebné použiť inú metódu, ako napríklad PER (Primary Energy Rate).

Tepelný výpočet obehu vychádza zo vzťahov (10.1) až (10.3), jednotlivé procesy sú zakreslené v $h - \xi$ diagrame na obrázku 10.3. Tepelné bilancie jednotlivých pochodov sú nasledovné:



Obrázok 10.3 Procesy v jednostupňovom absorpčnom zariadení podľa obrázku 10.2 v $h - \xi$ diagrame pri tlaku $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$.

Vypudzovanie chladiva (var bohatého roztoku)

Do vypudzovača prichádza bohatý roztok stavu 1 (m_b, ξ, h_1), ktorý je totožný so stavom 6 ($k h_1 = h_6$ pri zanedbaní príkonu čerpadla P_c). Prívodom tepla sa bohatý roztok zohrieva pri stálej koncentrácii (čiara 1 - 1') a po dosiahnutí stavu 1' na medznej krivke pri tlaku p_k začne vznikať fázovo rovnovážna para so stavom 7. Je určená koncentráciou ξ_7 , teda druhým koncovým bodom izotermy t_1' , kreslenej pre oblasť mokrej pary. Ďalším prívodom tepla roztok vrie za stáleho tlaku, teda klesajúcej koncentrácie a stúpajúcej teploty podľa čiary 1' - 3 až do stavu 3 (ξ_{ch}, h_3, t_3). Koncentrácia vznikajúcej pary s klesajúcou koncentráciou roztoku tiež klesá až po konečný stav ξ_7 .

Pre tepelnú bilanciu vypudzovača platí:

$$q_t + f \cdot h_1 = h_7 + (f - 1) \cdot h_3 \quad (10.6)$$

Uvedený vzťah je možné napísať tiež vo tvare:

$$q_t = h_7 - [h_3 - f \cdot (h_3 - h_4)] = h_7 - h_A \quad (10.7)$$

kde $h_A = h_3 - f \cdot (h_3 - h_1)$.

Hodnotu h_A je možno graficky vyjadriť pomocou bodu A, ktorý je priesečníkom spojnice bodov 3 a 6 a čiary danej koncentráciou ξ .

Odvádzanie tepla (kondenzácia)

Para so stavom 7 sa v kondenzátore skvapalňuje za klesajúcej teploty do stavu 9. Pre odvedené teplo platí:

$$q_k = h_7 - h_9 \quad (10.8)$$

Redukcia tlaku (škrtenie)

Škrtenie je proces pri konštantnej entalpii, pri ktorom sa nemení ani koncentrácia. Kvapalné chladivo sa škrtí zo stavu 9 ($t_k = t_9$) na mokrú paru stavu 11 (p_0, t_{11}). Chudobný roztok sa škrtí zo stavu 3 do stavu 5.

Privádzanie tepla (vyparovanie)

Vyparovanie zo škrtenej mokrej pary prebieha za stúpajúcej teploty pri stálej koncentrácii z bodu 11 do bodu 12. Pre privedené teplo platí:

$$q_0 = h_{12} - h_{11} \quad (10.9)$$

Absorpcia

V absorbéri sa pohlcuje para stavu 12 chudobným roztokom, zoškrteným na stav 5 za vzniku absorpčného tepla Q_a . Pochod prebieha teoreticky za stáleho tlaku p_0 a znižujúcej sa teploty až do stavu 6. Tepelná bilancia absorbéra je:

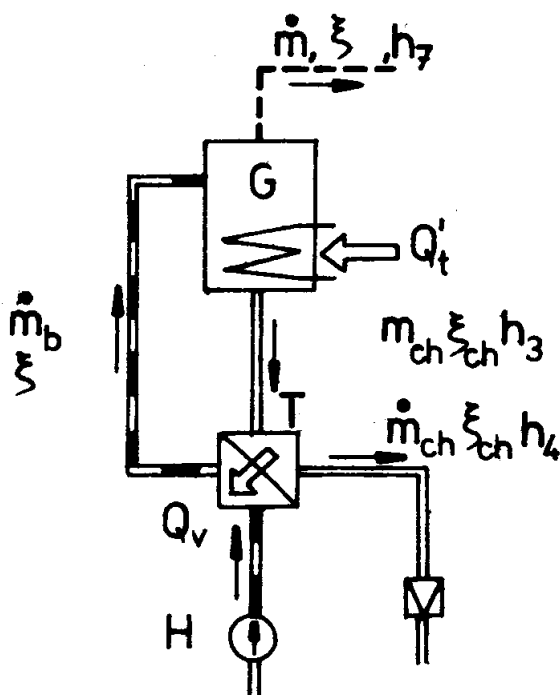
$$q + f \cdot h_6 = h_{12} + (f - 1) \cdot h_5 \quad (10.10)$$

Uvedený vzťah je možno napísať tiež vo tvare:

$$q_a = h_{12} - [h_3 - f \cdot (h_3 - h_1)] = h_{12} - h_A \quad (10.11)$$

V skutočnosti je tlak v absorbéri nižší ako p_0 o tlakový spád medzi výparníkom a absorbérom potrebný pre prúdenie pár a zaistenie tzv. sacej schopnosti absorbéra.

Chladiaci obeh podľa obrázku 10.2 má nízky chladiaci faktor, pretože horúci chudobný roztok z vypudzovača sa musí v absorbéri vodou ochladzovať, aby bol schopný pohlcovať pary chladiva a naopak studený bohatý roztok sa musí najprv ohrievať do stavu varu. Preto pre zvyšovanie hospodárnosti obehu sa zaraďuje do systému výmenník tepla podľa obrázku 10.4, čím sa dosiahne zníženie spotreby tepla a spotreby vody pre chladenie absorbéra a tým zlepšenie výkonového čísla.



Obrázok 10.4 Systém vnútornej výmeny tepla medzi bohatým a chudobným roztokom v absorpčnom chladiacom zariadení

Sorpčné chladiace zariadenia je možné výhodne využívať v rozličných aplikáciách počnúc klimatizačnou technikou a končiac priemyselnými chladičmi výrobných a spracovateľských liniek. Ich použitie má často priaznivý efekt na hospodárnosť a spotrebu energie v danej úlohe, nakoľko je možné na ich pohon využívať odpadné tepelné toky. Samostatnú kapitolu tvoria klimatizačné zariadenia poháňané obnoviteľnými zdrojmi energie.

Tu nachádzajú uplatnenie najmä jednostupňové zariadenia, ktoré sú schopné využívať nízkopotenciálne teplo už od teploty 75 °C. Princiálne usporiadanie takéhoto konceptu je možné vidieť na obrázkoch 10.5 a 10.6.

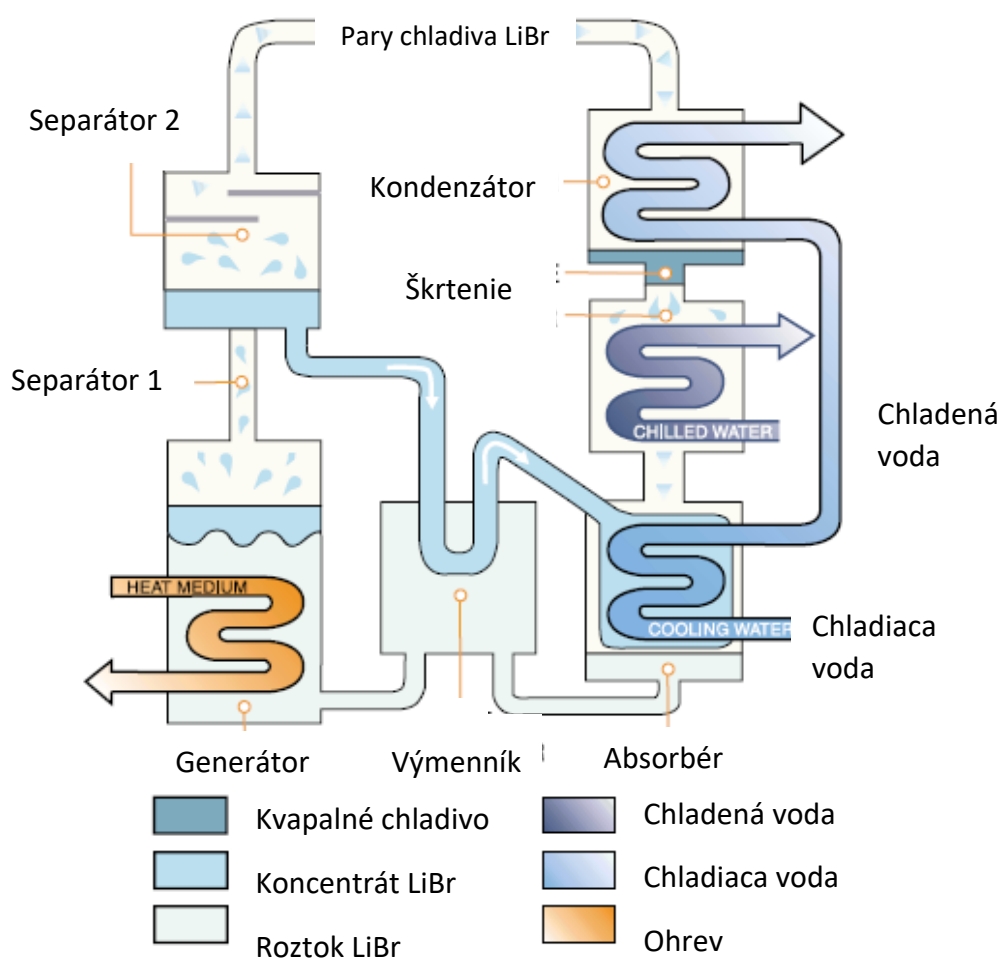
Jednostupňový absorpčný obeh

Základným absorpčným obehom je opäť okruh jednostupňový, ktorého principiálna schéma je na obrázkoch 10.1 a 2. Vo výparníku sa vyparuje roztok vysokej koncentrácie blížiac sa k 1 za tlaku po daného teplotou vyparovacou.

Pary prúdia rozdielom tlaku do absorbéra. Do absorbéra priteká z vypudzovača roztok nízkej koncentrácie, tzv. chudobný roztok. Pary chladiva sú týmto roztokom pohlcované, jeho koncentrácia rastie až na konečnú hodnotu, kedy sa nazýva roztokom bohatým. Pretože u väčšiny používaných dvojíc sa vyvíja pri pohlcovaní pár teplo, je potrebné roztok v absorbéri chladiť.

Bohatý roztok je čerpadlom dopravovaný do vypudzovača, v ktorom panuje tlak odpovedajúci tlaku kondenzačnému. Prívodom tepla sa z roztoku vypudí chladivo, roztok zníži svoju koncentráciu a ako roztok chudobný je vedený po znížení tlaku späť do absorbéru.

Plynné chladivo, opúšťajúce vypudzovač je vedené do kondenzátora, kde sa skvapalní za kondenzačného tlaku, ktorý odpovedá teplote kondenzácie. Kvapalné chladivo je potom vedené cez škrtiaci ventil do výparníka k opätovnému vypareniu. Schematické znázornenie skutočného jednostupňového obehu je na obrázku 10.5



Obrázok 10.5 Schematické znázornenie skutočného jednostupňového obehu

Tento popísaný obeh je zidealizovaný, pretože neprihliada k tepelným a hydraulickým stratám, z ktorých je v skutočných obehoch potrebné uvažovať rozdiel tlaku medzi výparníkom a absorbérom, nutný pre prietok pár a dôležitý tým, že bezprostredne ovplyvňuje vyparovaciu teplotu.

Ďalej nebola uvažovaná tá skutočnosť, že pri vypudzovaní pár neodchádza z vypudzovača čistá para chladiva, táto para je znečistená parami absorbéru. Para absorbentu skondenzuje v kondenzátore a dostáva sa s chladivom do výparníka. Tým rastie pri stálom vyparovacom tlaku vyparovacia teplota, takže je nutné čas od času tzv. zvodnatený amoniak prepustiť do absorbéru. Toto prepúšťanie nemusí byť vykonané pri odstavenom zariadení, ale sa dá plynulo vykonať pri prevádzke.

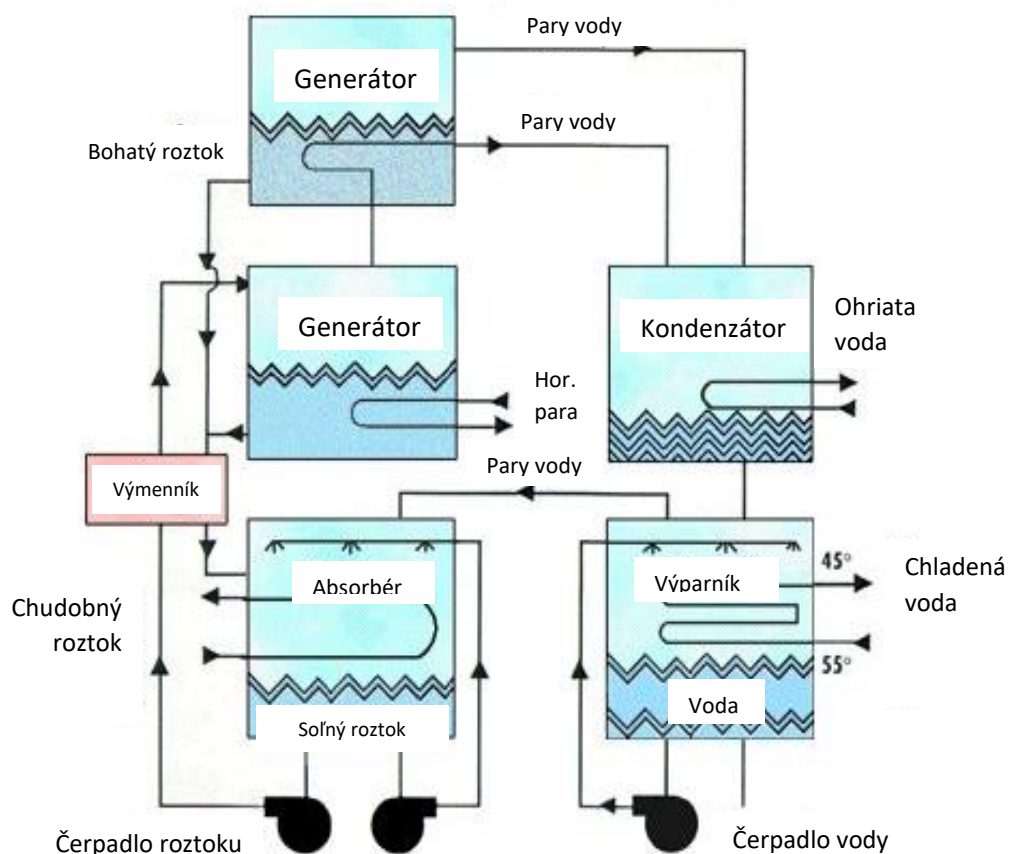
Uvedený obeh by v takomto základnom zapojení pracoval veľmi nehospodárne predovšetkým z týchto dôvodov:

- do kondenzátora by prichádzala para s veľmi nízkou koncentráciou, tzv. s veľkým obsahom pár absorbentu s dôsledkom, skôr popísaným
- studený roztok vedený do vypudzovača sa musí prívodom veľkého množstva tepla priviesť do varu, chudý roztok za vypudzovačom je potrebné ochladiť, aby bol schopný pohlcovať pary chladiva

Pre zvýšenie hospodárnosti okruhu sú preto realizované nasledujúce opatrenia :

- za vypudzovač je zaradená rektifikačná kolóna a deflegmátor, ktorých úlohou je znížiť obsah absorbentu v parách vedených ku kondenzátoru na minimum
- do okruhu sa zaraďuje výmenník tepla bohatý – chudý roztok, v ktorom sa bohatý roztok pred zavedením do vypudzovača predhreje, chudý roztok na vstupe do absorberu ochladí.
- často sa používa vnútorná výmena tepla medzi kvapalným a plynným chladivom
- ak je k dispozícii chladnejšia voda než bola použitá pre kondenzátor, zaraďuje sa do okruhu dochladzovač

Dvojstupňový absorpčný obeh



Obrázok 10.6 Dvojstupňový chladiaci absorpčný obeh

Rovnako ako u obehu parného, sú aj pri obehú absorpčnom dva dôvody použitia dvojstupňového zapojenia:

- ak je potrebné dvoch značne odlišných vyparovacích teplôt

- o ak sú prevádzkové pomery také, že kompresia pár z tlaku vyparovacieho na tlak kondenzačný nemôže byť vykonaná v „jednostupňovom tepelnom kompresore“, pričom pod týmto pojmom rozumieme sústavu absorbér, čerpadlo, vypudzovač a redukčný ventil na chudý roztok.

Táto nemožnosť jednostupňovej kompresie býva spôsobená príliš veľkým rozdielom tlaku kondenzačného a vyparovacieho malým rozdielom medzi teplotou vykurovacej látky pre vypudzovač a chladiacej vody pre absorbér kombinácia predchádzajúcich prípadov

Spôsobov zapojenia u dvojstupňových obehov je celý rad. Obrázok 10.6, na ktorom je obeh s dvojstupňovým škrténím, dvojstupňovou absorpciou a vypudzovaním pri chladiacej povinnosti v jednom stupni.

Teória difúzneho absorpčného obehu

Vývoj difúzneho absorpčného chladenia

Používajú sa dva typy absorpčných zariadení. Prvé už uvedené pracuje podľa francúza Carrého. Druhé vylepšené Platenom a Muntersom sa používa v domácich chladničkách.

Celý názov zariadenia je :

absorpčné, difúzne, kontinuálne pracujúce chladiace zariadenie.

Využíva dva zákony molekulárnej fyziky :

1. zákon o chovaní sa zmesi plynov v uzatvorenom priestore, zákon o parciálnych (dielčích) tlakoch
2. zákon o difúzii, teda o zmiešavaní plynov

- Prvý Daltonov zákon hovorí, že v uzatvorenom priestore (napr. nádobe), sa tlaky jednotlivých plynov v zmesi spočítajú.
- Druhý zákon je tiež Daltonov o difúzii. Vychádza z poznatku, že nad každou kvapalinou je slabá vrstva jej pár. V našom prípade ide o vrstvu pár nad kvapalným amoniakom a vodíkových par, ktoré navzájom difundujú. Amoniak je tak nútený dopĺňať svoju plynovú vrstvu a tým sa znižuje jeho tlak.

V difúznom obehú sa chladio vyparuje vo výparníku a difúziou preniká do atmosféry iného plynu. Takýto obeh sa používal s amoniakom ako chladivom, vodou ako absorbentom a vodíkom ako inertným plynom v absorpčných domácich chladničkách.

Obehom difúznym je nazývaný taký absorpčný obeh, v ktorom vo výparníku nie je prítomná iba para chladiwa, ale ešte iný plyn, do ktorého sa chladio vyparuje a preniká difúziou. Prídavný plyn musí mať nízku mernú hmotnosť a musí umožňovať difúziu pár veľkou rýchlosťou. Týmto požiadavkám najlepšie vyhovuje vodík.

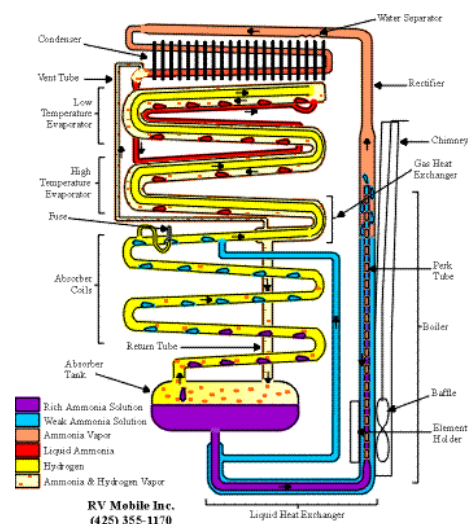
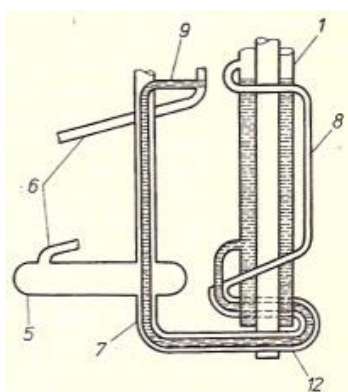
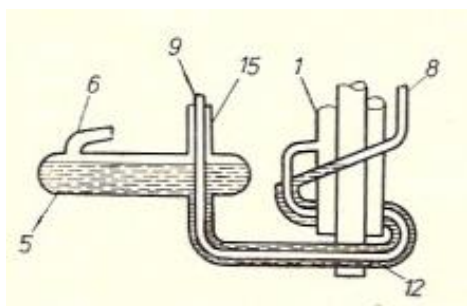
Pridanie ďalšej látky má tieto hlavné dôsledky:

- prítomnosť tretej látky spôsobuje zníženie rozdielu tlaku medzi vysokotlakou a nízkotlakou stranou, prípadne tieto tlaky celkom vyrovnáva, takže obehu je možné dosiahnuť napr. termo sifónom a správnym výškovým rozmiestnením častí okruhu

- vyparovaním chladiva do atmosféry tretej látky sa postupne mení parciálny tlak chladiva v zmesi, a tým je dosiahnuté premenlivej teploty vyparovania

Obeh, v ktorom je prvoradou úlohou je vyrovnať tlak v zariadení, a tým odstrániť čerpadlo na bohatý roztok, sa používa predovšetkým v domácich chladničkách. Pary chladiva sú vedené z vypudzovača do kondenzátora, kde sa skvapalnia. Kvapalné chladivo steká do výparníka, do ktorého je z absorberu zavádzaný vodík. Vodík svojim parciálnym tlakom znižuje tlak chladiva na žiadanú hodnotu vyparovacieho tlaku, takže dôjde k varu chladiva.

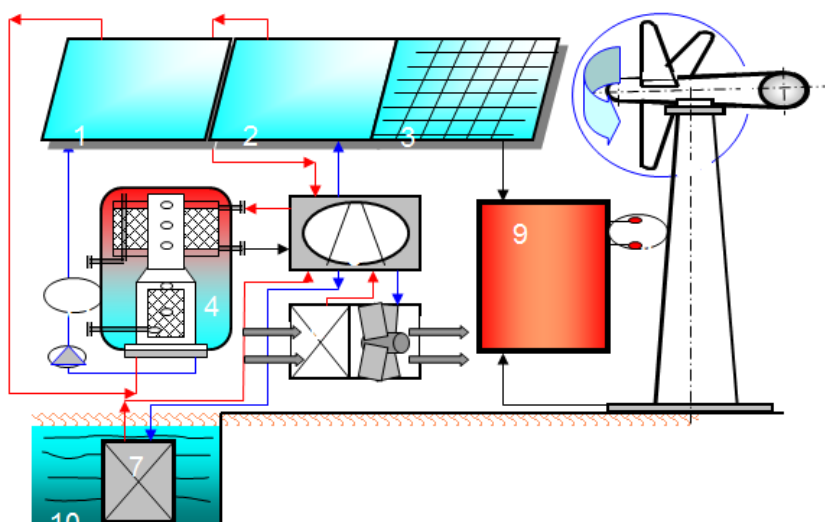
Zmes vodíka a pár chladiva, ktorá sa pri prietoku výparníkom stále obohacuje parami chladiva sa pohltí do chudého predchladeného roztoku vo výparníku. Vodík sa zo zmesi uvoľňuje a stúpa hore k výparníku. Bohatý roztok je cez výmenník vedený do vypudzovača. Celý tok sa deje samospádom až na vedenie bohatého roztoku zo zberača do vypudzovača, kde je potrebné prekonať výškový rozdiel H. Toto je dosiahnuté termo sifónovým účinkom, ktorý vzniká pri ohreve bohatého roztoku v tenkej rúrke medzi výmenníkom a vypudzovačom.



- *Obrázok 10.7 Využitie princípu spojitých nádob medzi zásobníkom bohatej amoniakovej vody a termosifónom 1-varník, 2-zásobník bohatej amoniakovej vody, 5-výparník, 6-absorbér, 8-termosifón, 9-výstup chudobnej amoniakovej vody z varníka, 12-kvapalinový výmenník, 15-výstup zmesi amoniaku a vodíka z výparníka*
- *Obrázok 10.8 Využitie princípu spojitých nádob medzi varníkom a absorbérom. 1-varník, 2-zásobník bohatej vody, 5-výparník, 6-absorbér, 8-termosifón, 9-výstup chudobnej amoniakovej vody z varníka, 12-kvapalinový výmenník, 15- výstup zmesi amoniaku a vodíka z výparníka*
- *Obrázok 10.9 Absorpčné, difúzne, kontinuálne pracujúce chladiace zariadenie*

Celá aparatura je zvarená z oceľových rúrok tak, že tvorí sústavu spojitých nádob. Do aparatury sa naplní kvapalná a plynná zložka. Kvapalnou zložku tvorí destilovaná voda ako absorbent (H_2O), amoniak (NH_3) je chladivom. Aby sa zamedzilo oxidácii oceľového potrubia, z ktorého je aparatura zvarená, je do kvapalnej zložky pridaný chroman sodný (Na_2CrO_4) ako inhibítor a pridáva sa tiež lúh sodný (NaOH), ktorý umožňuje tvorbu bubliniek v termosifóne. Plynnou zložkou je vodík. Tým sa, po naplnení aparatury kvapalnou zložkou, natlakuje okruh na celkový počiatočný tlak 1,5 MPa. Pre funkciu absorpčnej chladničky je potrebné priviesť kvapalnú náplň do varu. K tomu máme dve

možnosti – teplo plameňa horiaceho plynu, alebo elektrickú energiu. V prevádzke sú tiež chladničky na slnečnú energiu.

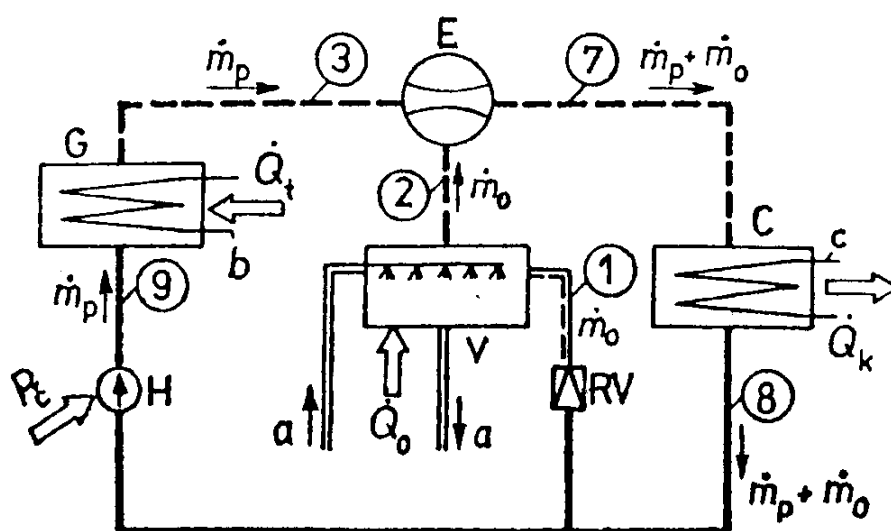


Obrázok 10.10 Solárne chladenie, tepelné čerpadlo s absorpčným cyklom na báze nových solárnych kolektorov s využitím aj veternej elektrárne

11. Teória prúdového obehu a iné spôsoby chladenia

Základnými spôsobmi chladenia, ktoré nie sú založené na tepelných obehoch, ale na javoch v plynch alebo tuhých látkach, v prúdovom alebo elektrickom poli sú vírová trubica, termoelektrické chladenie, magnetokalorické chladenie.

Pri prúdovom obehú sa pre stlačenie pár z tlaku vyparovacieho na kondenzačný používa paroprúdový kompresor. Základná schéma je na Obrázok č. 11.11, z ktorého je vidieť, že zariadenie pracuje s dvomi prúdmi tej istej látky, a to s látkou pracovnou v množstve $\dot{m}_p$ a odsávanou v množstve $\dot{m}_o$.



Obrázok 11.11 Schéma usporiadania s prúdovým obehom

(G - parný generátor, E – ejektor, C – kondenzátor, a - chladená voda, b - vykurovacie látka, c – obehová voda kondenzátora)

Ochladzovaná látka, ktorou je voda, je sprchovaná vo výparníku a vrie za tlaku p_0 . Tým odníma teplo okolia, teda ostatnej sprchovanej vode. Takto ochladená voda je vedená čerpadlom k spotrebiču chladu a po oteplení späť do výparníka, kde sa celý dej opakuje. Vystupuje tu tak voda jednak ako teplovýmenná látka, jednak ako chladivo.

V parnom generátore vznikajúca vodná para o vyššom tlaku je vedená do ejektoru, kde v lavalovej dýze expanduje na tlak nižší, než je tlak pár vo výparníku. Tým sú vodné pary z výparníka odsávané, po zmiešaní s pracovnou parou sú v difúzore stlačené na tlak kondenzačný a zavedené do kondenzátora ku skvapalneniu. Kondenzát je potom najčastejšie zavádzaný späť do výparníka a parného generátora.

Plynové obeh

Plynové obeh používajú ako chladivo plyny a možno ich rozdeliť takto:

1. Obeh uskutočňované úplne v oblasti plynnej fázy, pričom zníženie teploty sa dosahuje v detandéri expanziou plynu za konania vonkajšej práce.
2. Obeh uskutočňované z časti v oblasti kvapalnej fázy, ich účelom je skvapalnenie časti obiehajúcej látky, napríklad vzduchu.

Ericssonov obeh

Ericssonov obeh je plynový obeh uskutočňovaný plne v oblasti plynnej fáze, v najjednoduchšej forme je schematicky znázornený. Plyn sa v kompresore stlačí z tlaku p_1 na tlak p_2 , čím stúpne jeho teplota, vo vysokotlakom chladiči sa ochladí vodou alebo vzduchom a v detandéri potom expanduje za výrazného zníženia teploty. V nízkotlakom chladiči sa privedeným teplom zvýši teplota plynu na stav v saní kompresora.

Stirlingov obeh

Stirlingov obeh je uzavretý regeneračný obeh tepelného stroja, v ktorom je to isté množstvo pracovnej látky striedavo komprimované a expandované pri rôznych teplotných hladinách. Stirlingov stroj sa skladá z dvoch premenných objemov udržiavaných pri rôznej teplotnej hladine a oddelených regeneračným tepelným výmenníkom. Môže byť použitý pre premenu tepla na mechanickú prácu alebo na transformáciu nízko-teplotného zdroja energie na vyššiu teplotnú hladinu ako chladiaci stroj alebo tepelné čerpadlo.

Vírová trubica

Je valcová trubica, do ktorej je tangenciálne zavedený prúd stlačeného vzduchu. Ten sa pri prietoku rozvrství do dvoch prúdov - obvodového, ktorý sa ohrieva a vyteká na tzv. teplom konci a, - osového, ktorý sa ochladzuje a vyteká na tzv. studenom konci po priechode clonou.

Termoelektrické chladenie

Je založené na jave, ktorý objavil J. A. Peltier, a to že ak preteká elektrický prúd nehomogénnym vodivým obvodom, vzniká na jednom zo spojov ohrev a na druhom ochladenie. Je to teda opak Seebeckovho javu využívaného pri meraní teploty termočlánkami.

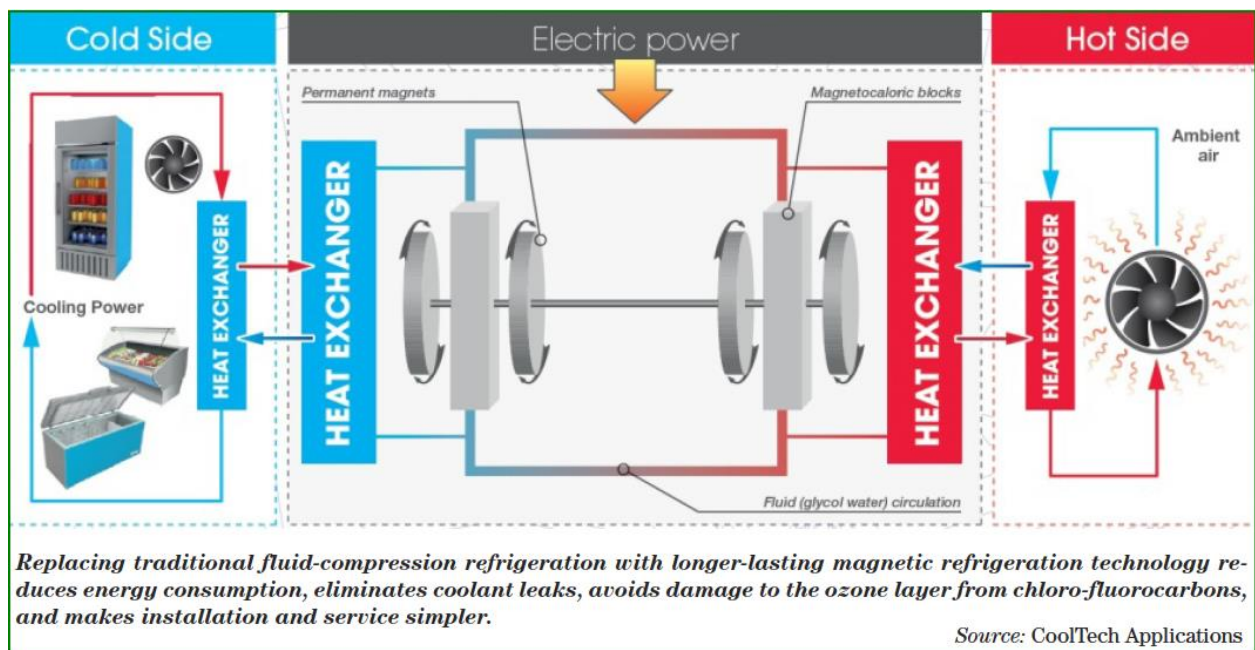
Chladenie pomocou magnetokalorického javu

Magnetokalorický efekt /MCE/ je definovaný ako ohrev alebo chladenie t.j. zmena teploty magnetického materiálu /refrigerantu/ v dôsledku zmeny priloženého magnetického poľa. Tento jav bol objavený nemeckým fyzikom Emilom Warburgom v roku 1881 a experimentálne potvrdený Petrom Debyom (1926) a Williamom Giauquom (1927).

V súčasnosti sa výskumu MCE venuje zvýšená pozornosť v oblasti základného aj aplikovaného výskumu na celom svete. Je to alternatíva náhrady existujúcich chladiacich zariadení zatiaľ menších výkonov.

Účinnosť chladenia pomocou MCE závisí predovšetkým od

- použitého magnetického materiálu s optimálnou tepelnou kapacitou C /malou/, veľkou teplotnou zmenou magnetizácie M pri konštantnom magnetickom poli
- Intenzity magnetického poľa výhodne vytvoreného pomocou permanentných magnetov
- významný podiel na účinnosti má aj samotná konštrukcia zariadenia využívajúceho MCE.



Prototyp zariadenia využívajúci MCE pre dosahovanie veľmi nízkych teplôt v oblasti mK, ale tiež "chladnička" pre chladenie v oblasti izbových teplôt.

12. Používateľská príručka k programu R717

Úvod

Tento program je vytvorený pre zariadenia pracujúce s amoniakom (NH_3) - R 717. Keďže v minulosti dostupné programy nemali implementovaný tento typ chladiva, a na trhu sa objavuje jeho použitie čoraz častejšie, vznikla požiadavka od firmy Slov - Chlad s.r.o. na jeho vytvorenie.

Všetky tabuľkové hodnoty boli brané z dostupnej zahraničnej literatúry a potrebné vzorce z vysokoškolských učebníc. Program na báze Rankinového obehu bol po odbornej stránke konzultovaný a pripomienkovaný Ing. Maníkom.

Rankinov obeh nie je v praxi realizovateľný

Príklady rôznych Rankinových obehov v tejto publikácii s NH_3 sú riešené ako ideálne. Reálne obehly pracujú s výrazne nižšou efektívnosťou - až o viac ako 30% (čo je dané najmä celkovou izoentropickou účinnosťou použitých kompresorov) a preto nie je možné na ich základe dimenzovať príkony kompresorov pre požadované chladiace výkony.

Požiadavky na program boli:

1. zobrazenie základného diagramu s termodynamickými vlastnosťami, (ln p-h diagram)
2. možnosť tlače Rankinového obehu
3. výpočet pre jednostupňové a dvojstupňové zariadenie, plus možnosť vytlačenia výsledkov
4. možnosť prezretia si tabuľkových hodnôt a ich vytlačenie

Tabuľky

Pre vytvorenie obrázku a pre jednotlivé výpočty bolo potrebné mať údaje z dvoch rôznych typov tabuliek, a to:

- a) termodynamické vlastnosti pre vriacu kvapalinu a sýtu paru
- b) termodynamické vlastnosti pre prehriatu paru

a)

Parná tabuľka											
Systém Záznamy											
	t (°C)	p (MPa)	v (m ³ /kg)	v' (m ³ /kg)	g (kg/m ³)	g' (kg/m ³)	h (kJ/kg)	h'-h (kJ/kg)	h'' (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	s'' (kJ/kg.K)
1.	-60	0,0219	0,0014008	4,7161	713,8778	0,212	-69,62	1441,12	1371,5	-0,109	6,652
2.	-58	0,0249	0,0014053	4,1766	711,5918	0,2394	-61,26	1436,36	1375,1	-0,07	6,6062
3.	-56	0,0283	0,00141	3,7083	709,2199	0,2697	-52,87	1431,47	1378,6	-0,031	6,5615
4.	-54	0,032	0,0014146	3,3009	706,9136	0,3029	-44,42	1426,72	1382,3	0,0075	6,5179
5.	-52	0,0362	0,0014194	2,945	704,523	0,3396	-35,93	1421,83	1385,9	0,046	6,4751
6.	-50	0,0408	0,0014242	2,6335	702,1486	0,3797	-27,4	1416,7	1389,3	0,0844	6,4332
7.	-49	0,0432	0,0014266	2,4925	700,9673	0,4012	-23,12	1414,22	1391,1	0,1035	6,4126
8.	-48	0,0458	0,001429	2,3603	699,7901	0,4237	-18,82	1411,62	1392,8	0,1226	6,3922
9.	-47	0,0486	0,0014315	2,2363	698,5679	0,4472	-14,51	1409,01	1394,5	0,1417	6,3721

Obrázok 12.1

Prvý typ tabuľky obsahuje tieto údaje: teplota t, tlak p, merný objem v' a v'', mernú hustotu ρ' a ρ'', entalpie h' a h'', rozdiel entalpií Δh, entropie s' a s''.

b)

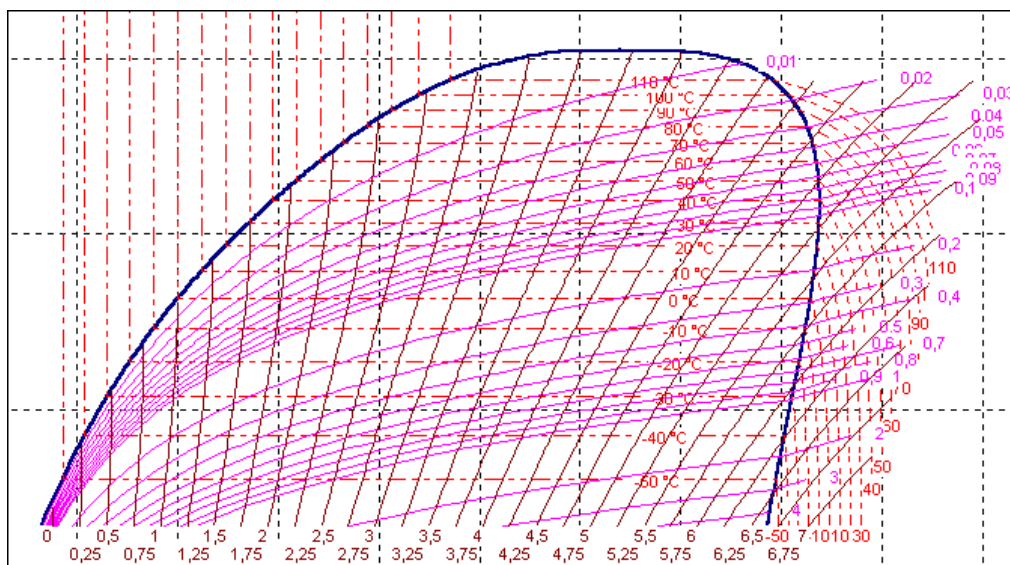
	Teplota (°C)	Merný objem (m ³ /kg)	Entalpia h (kJ/kg)	Entropia s (kJ/kg.K)
1.	-40	1,5552	1406,1	6,2365
2.	-35	1,5914	1416,7	6,2817
3.	-30	1,6275	1427,3	6,3259
4.	-25	1,6634	1437,9	6,3691
5.	-20	1,6992	1448,5	6,4113

Obrázok 12.2

Druhý typ tabuliek obsahuje údaje: vzťažnú teplotu, teplotu, merný objem, entalpiu a entropiu. Tieto tabuľky sú súčasťou programu a taktiež sa dajú vytlačiť.

Základný obrázok

Z rôznych typov diagramov sa v chladiacej technike najčastejšie používa diagram ln p - h. Na vodorovnej osi sú v rovnomernej stupnici nanesené hodnoty entalpií h v kJ.kg⁻¹, na zvislej osi v nerovnomernej (*logaritmickej*) stupnici tlaky p v MPa.



Obrázok 12.3

Plocha diagramu je rozdelená dvomi krivkami na tri oblasti;

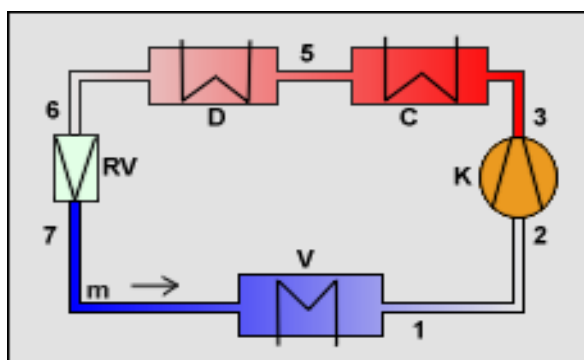
- o krivka vľavo je medzná krivka kvapaliny, vpravo je medzná krivka sýtej pary.
- o Medzi oboma krivkami je oblasť mokrej pary, vpravo od medznej krivky sýtej pary je oblasť prehriatej pary,
- o vľavo od medznej krivky kvapaliny je oblasť kvapaliny.

Medzné krivky sú v podstate hodnoty h' (entalpie sýtej kvapaliny) a h'' (entalpie sýtej pary) z parnej tabuľky. Obe tieto krivky sa spájajú v jednom bode, tzv. kritickom, a to pri teplote 132,4 °C a tlaku 11,30 MPa pre chladiivo NH₃.

V diagrame sú vynesené ďalej tieto krivky:

1. Červenou farbou na obrázku č.3 sú krivky rovnakej teploty (izotermy). V oblasti kvapaliny sú takmer zvislé, v oblasti mokrej pary sú vodorovné a v oblasti prehriatej pary sa prudko obracajú nadol.
2. Fialovou farbou na obrázku č.3 sú krivky rovnakého merného objemu v . Tieto krivky sa vejárovito rozbiehajú z ľavého okraja oblasti mokrej pary a lomí sa na medznej krivke sýtej pary, takže v oblasti prehriatej pary majú oproti oblasti mokrej pary väčšie stúpanie.
3. Gaštanovou farbou na obrázku č.3 sú krivky rovnakej entropie. Krivky rovnakej entropie predstavujú tepelný proces, podľa neho prebieha tzv. adiabatická kompresia. Krivky rovnakej entropie tvoria rovnako akýsi vejárovitý systém kriviek, nelomia sa však na medznej krivke sýtej pary a pokračujú do oblasti prehriatej pary v rovnakom zmysle.

Jednostupňové zariadenie



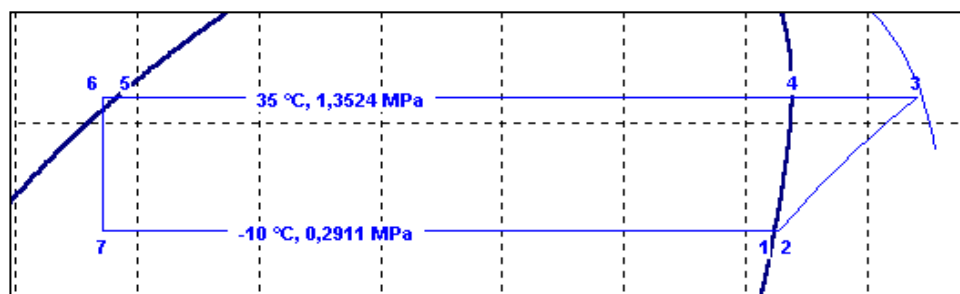
Obrázok 12.4 Základným jednostupňovým zariadením je zvolený okruh s výparníkom V, kompresorom K, kondenzátorom C, dochladzovačom D a škrtiacim ventilom RV.

Pre tento typ obvodu sa zadávajú tieto hodnoty:

1. kondenzačná teplota,
2. teplota kompresora,
3. teplota na výparníku,
4. teplota za dochladzovačom
5. prehriatie pár.

Jednotlivé teploty sa zadávajú celočíselnými hodnotami

Je možnosť, že namiesto teplôt kondenzátora a výparníka sa zadajú namerané hodnoty jednotlivých tlakov v reálnych číslach.



Obrázok 12.5

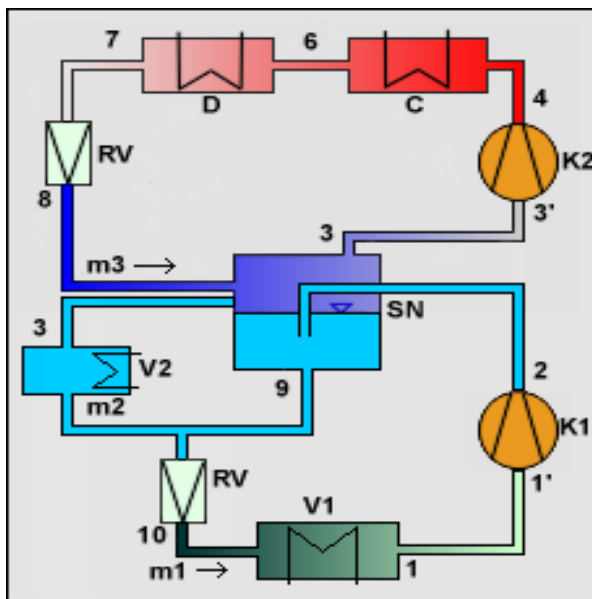
Na obrázku č. 12.5 je príklad chladiaceho cyklu pre jednostupňové zariadenie. V bodoch 1 až 7 sa vypočítajú jednotlivé parametre, pomocou ktorých sa počítajú výkony a nastavuje, alebo navrhuje sa zariadenie. Výstupná správa sa dá vytlačiť.

Dôležité parametre pre jednostupňové zariadenie:

(h_i - entalpia v bode i; v_i - objem v bode i)

- Hmotnostná chladivosť: $q_o = h_1 - h_7$;
- Merná izoentropická práca: $w_{ie} = h_3 - h_2$;
- Hmotnostný vykurovací výkon: $q_k = h_3 - h_5$;
- Objemová chladivosť: $q_v = q_o / v_2$;
- Objemový vykurovací výkon: $q_{kv} = q_k / v_2$;
- Chladiaci faktor: $EER = q_o / w_{ie}$;
- Vykurovací faktor: $COP = q_k / w_{ie}$;
- Čerpací pomer: q_k / q_o ;
- Tlakový pomer: kondenzačný tlak / vyparovací tlak
- Teplo v prehriatych parách: $h_3 - h_4$;
- Chladiaci výkon: $\dot{Q}_o = q_o \cdot \dot{m}$;
- Kondenzačný výkon: $\dot{Q}_k = q_k \cdot \dot{m}$;
- Izoentropický výkon kompresora: $\dot{P} = w_{ie} \cdot \dot{m}$;
- Výkon dochladzovača: $\dot{Q}_D = (h_5 - h_6) \cdot \dot{m}$;
- Objem pár v nasávaní kompresora: $\dot{V} = v_2 \cdot \dot{m}$;

Dvojstupňové zariadenie



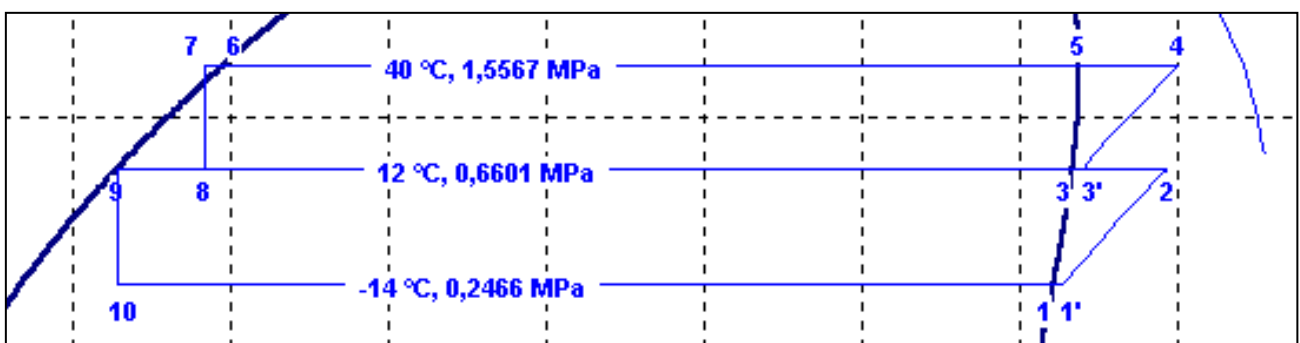
Obrázok 12.6

Základné dvojstupňové zariadenie je zložené z výparníka V1 a V2, kompresora K1, medzichladiča SN, kompresora K2, kondenzátora C, dochladzovača D a dvoch škrtiacich ventilov RV.

Hodnoty pre tento okruh zariadenia sú:

- kondenzačná teplota,
- vyparovacia teplota výparníka V1,
- vyparovacia teplota výparníka V2,
- teplota kompresora K2,
- teplota dochladzovača,
- teplota medzichladiča (*môže sa zadať, alebo sa určuje na základe tlaku [v(pv.pk)MPa]*)

Tieto teploty sa zadávajú v celočíselných hodnotách. Namiesto teplôt sa môžu zadať jednotlivé tlaky v kondenzátore C, výparníku V1, výparníku V2 a medzichladiči. Tieto hodnoty sú reálne čísla.



Obrázok 12.7

Na obrázku č. 12.7 je príklad výstupného obrázku pre jednostupňové zariadenie. V bodoch 1 až 10 sa vypočítajú jednotlivé parametre, pomocou ktorých sa počítajú výkony a nastavuje, alebo navrhuje sa zariadenie. Výstupná správa sa dá vytlačiť.

Dôležité parametre pre dvojstupňové zariadenie (h_i - entalpia v bode i ; v_i - objem v bode i):

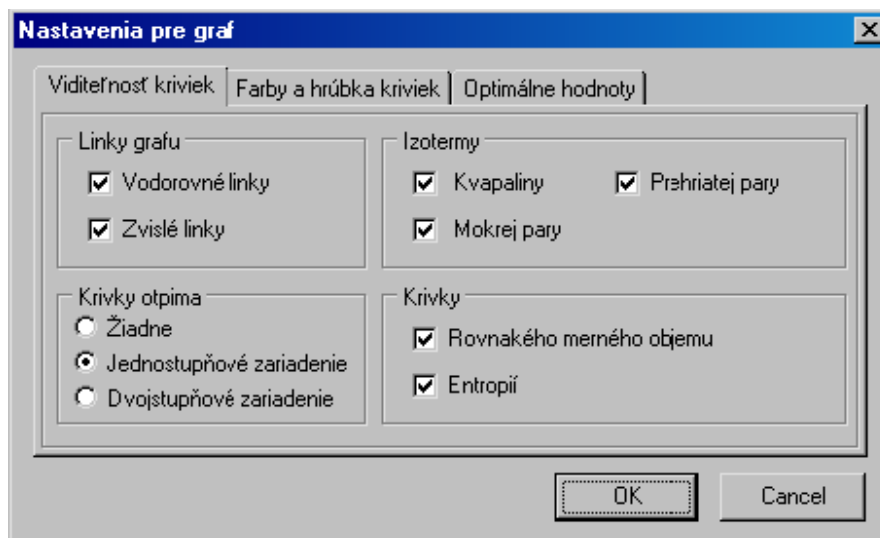
1. Hmotnostná chladiivosť na výparníku V_1 : $q_1 = h_1 - h_{10}$; na medzichladiči: $q_2 = h_3 - h_9$;
2. Merná izoentropická práca v prvom stupni: $w_{ie1} = h_2 - h_1'$; v druhom stupni: $w_{ie2} = h_4 - h_3'$;
3. Hmotnostný vykurovací výkon: $q_k = h_4 - h_6$;
4. Chladiaci súčiniteľ: $EER = (Q_1 + Q_2) / (P_1 + P_2)$;
5. Vykurovací súčiniteľ, faktor: $COP = \dot{Q}_k / (\dot{P}_1 + \dot{P}_2)$;
6. Čerpací pomer: $\dot{Q}_k / \dot{Q}_1$;
7. Tlakový pomer v prvom stupni: tlak medzichladiča / vyparovací tlak; v druhom stupni: kondenzačný tlak / tlak medzichladiča.
8. Teplo v prehriatych parách: $h_4 - h_5$;
9. Hmotnostný prietok $\dot{m}_{3'} = (\dot{m}_1 \cdot (h_2 - h_9) + \dot{m}_2 \cdot (h_3 - h_9)) / (h_{3'} - h_8)$.
10. Chladiaci výkon $\dot{V}1$: $\dot{Q}_1 = q_1 \cdot \dot{m}_1$; $\dot{V}2$: $\dot{Q}_2 = q_2 \cdot \dot{m}_2$;
11. Kondenzačný výkon: $\dot{Q}_k = q_k \cdot m_3$;
12. Izoentropický príkon kompresora K1: $\dot{P}_1 = w_{ie1} \cdot \dot{m}_1$; K2: $\dot{P}_2 = w_{ie2} \cdot \dot{m}_3$;
13. Výkon dochladzovača: $\dot{Q}_D = (h_6 - h_7) \cdot m_3$;
14. Výkon medzichladiča: $\dot{Q}_M = q_2 \cdot \dot{m}_3$;
15. Objem pár v prvom stupni: $\dot{V}_1 = v_1' \cdot \dot{m}_1$; v druhom stupni: $\dot{V}_2 = v_3' \cdot m_3$;

Nastavenia a ovládanie programu

Dialóg na nastavovanie parametrov pre program má 3 záložky:

- viditeľnosť kriviek
- farby a hrúbka kriviek
- optimálne hodnoty

a) Viditeľnosť kriviek:

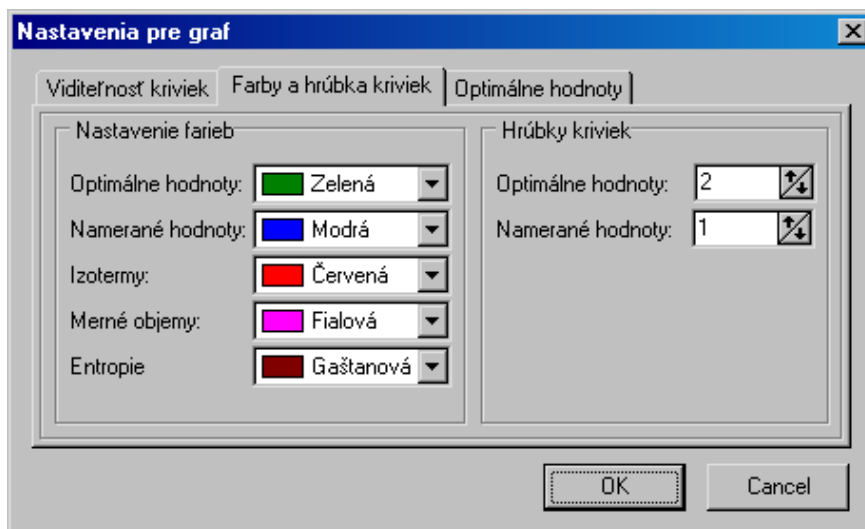


Obrázok 12.8

Zaškrtnuté políčko znamená zobrazenie zodpovedajúcich kriviek. Pri krivkách optima sa dá vybrať jedna z troch možností.

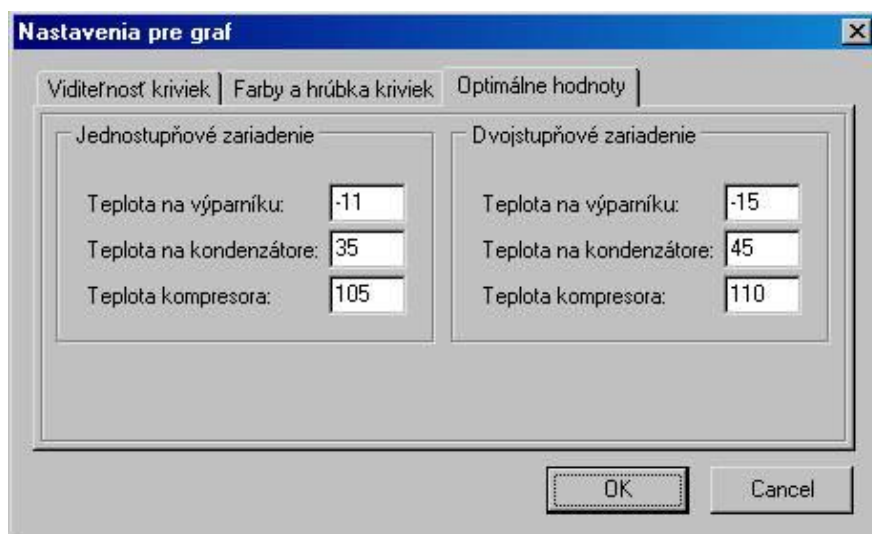
b) Farby a hrúbky kriviek

Výberom farby v zodpovedajúcom políčku sa nastaví aj farba daných kriviek. Pri hrúbke čiar, sa nastavujú hrúbky optima a nameraných hodnôt. Hrúbka môže byť v rozmedzí 1 - 3.



Obrázok 12.9

c) Nastavené hodnoty



Obrázok 12.10

Nastavenie konštánt pre jednostupňové a dvojstupňové zariadenie.

Výpočet kriviek

Krivky entropie:

Pre krivku entropie s.

Pre jednotlivé teploty od -60 °C do 130 °C máme hodnoty entalpií h' a h'' a entropií s' a s'' . Entropie na izoterme v nasýtenej pary (vodorovná izoterma) sú rozložené rovnomerne, preto sa dá podľa vzorca

$$h = (s - s')/(s'' - s') * (h'' - h') + h' \quad (\text{všetky hodnoty sú z tabuľky pri danej teplote})$$

určiť entalpia v bode, kde pretína krivka entropie izotermu, pri ktorej teplote sa našli jednotlivé potrebné parametre z tabuľky. Pre danú teplotu sa určí odpovedajúci tlak, čo je druhým parametrom krivky. Prechodom cez všetky teploty sa zostrojí výsledná krivka v nasýtenej pare. Ak krivka pokračuje aj v oblasti pre prehriatu paru, tam sa musí dopočítat spôsobom:

Určí sa teplota, kde končila krivka v oblasti nasýtených pár. Pre danú teplotu, sa určí najbližšia vyššia teplota, pre ktorú existuje tabuľka s termodynamickými vlastnosťami pre prehriatu paru. Potom s' je hodnota entropie z danej tabuľky, ktorá je menšia ako s a s'' je hodnota, ktorá je väčšia ako s . Entalpia h' zodpovedá tomu istému záznamu ako s' a h'' záznamu ako s'' . Výsledná entalpia je:

$$h = (s - s')/(s'' - s') * (h'' - h') + h'$$

Posunieme sa na teplotu o 5 °C vyššiu a postup opakujeme, pokiaľ existujú tabuľky pre dané teploty.

2. Krivky rovnakého merného objemu:

Krivky merného objemu v pre jednotlivé teploty od -60 °C do 130 °C máme hodnoty entalpií h' a h'' a objemov v' a v'' . Merné objemy na izoterme v nasýtenej pary (vodorovná izoterma) sú rozložené rovnomerne, preto sa dá podľa vzorca

$$h = (v - v')/(v'' - v') * (h'' - h') + h' \quad (\text{všetky hodnoty sú z tabuľky pri danej teplote})$$

určiť entalpia v bode, kde pretína krivka merného objemu v izotermu. Pri tejto teplote sa určili potrebné parametre z tabuľky. Pre danú teplotu sa určí odpovedajúci tlak, ktorý je druhým parametrom krivky. Prechodom cez všetky teploty sa zostrojí výsledná krivka v nasýtenej pare.

Ak krivka pokračuje aj v oblasti pre prehriatu paru, tam sa musí dopočítat spôsobom:

Určí sa teplota, pri ktorej krivka končila v oblasti nasýtených pár. Pre danú teplotu, sa určí najbližšia vyššia teplota, pre ktorú existuje tabuľka s termodynamickými vlastnosťami pre prehriatu paru. Potom v' je hodnota merného objemu z danej tabuľky, ktorá je menšia ako v a v'' je hodnota, ktorá je väčšia ako v . Entalpia h' zodpovedá tomu istému záznamu ako v' a h'' záznamu ako v'' . Výsledná entalpia je:

$$h = (v - v')/(v'' - v') * (h'' - h') + h'.$$

Posunieme sa na teplotu o 5 °C vyššiu a postup opakujeme, pokiaľ existujú tabuľky pre dané teploty.

3. Krivky izotermy pre prehriatu paru:

Pre danú teplotu t , pričom daná teplota je násobkom 10.

Začne sa od odpovedajúcej tabuľky s termodynamickými vlastnosťami pre prehriatu paru. Pre danú teplotu sa určí entalpia a tlak. To sú súradnice bodu krivky. Potom sa postupne prechádzajú tabuľky

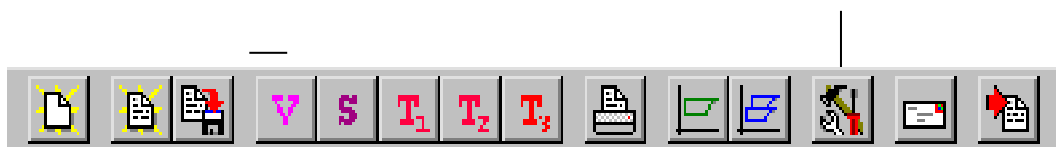
pre teploty stále o 5 °C vyššie, pokiaľ existujú, a hľadá sa entalpia a tlak pre teplotu t . Takto vznikajú ďalšie body krivky.

Ovládanie grafu

- Zväčšenie grafu: držať Shift + ľavé tlačidlo na myši a pohybom vybrať oblasť pre zväčšenie
- Posunutie grafu: držať Ctrl + ľavé tlačidlo na myši a pohybom vybrať novú polohu umiestnenia grafu
- Pôvodný stav: držať Shift a kliknúť ľavým tlačidlom na myši

Rýchle ovládanie:

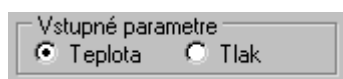
nové meranie načítanie uloženého uloženie merania



krivky merného objemu | | | | | | |
 krivky entropií _____ | | | | | | |
 krivky izoteriem _____ | | | | | | |
 tlač grafu _____ | | | | | | |
 jednostupňové meranie _____ | | | | | | |
 dvojstupňové meranie _____ | | | | | | |
 nastavenie prostredia _____ | | | | | | |
 legenda vľavo hore _____ | | | | | | |
 výstupné správa merania _____ | | | | | | |

Výstup z merania sa dá zobrazíť až po zadaní parametrov pre jednostupňové alebo dvojstupňové zariadenie, alebo po otvorení predtým uloženého merania.

Pri zadávaní jednotlivých parametrov sa dá vybrať, či sa budú zadávať v teplotách alebo v tlaku:



Program je prístupný na:

www.szchkt.org

v časti naľavo : Pomocné výpočty s ideálnym kompresorom (Pozor, nie so skutočným kompresorom!)

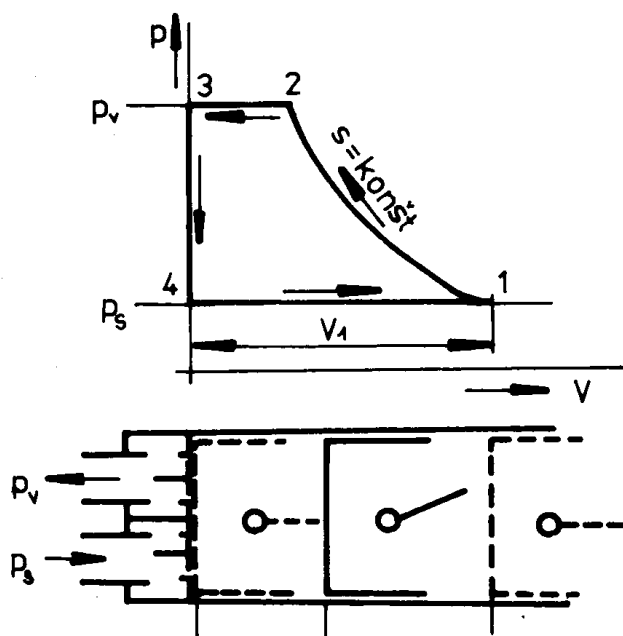
Do výpočtov v predchádzajúcom programe nie sú vzaté účinnosti kompresie skutočných kompresorov. Táto časť sa zaoberá účinnosťami skutočných piestových kompresorov, ktoré pokrývajú potrebný výkonový rozsah a dokážu zabezpečiť hospodárnu prevádzku v širokom rozsahu pracovných podmienok s chladivom amoniak. Piestové kompresory nemajú vstavaný objemový pomer. Pre chladivo amoniak sú navrhované prevažne ako otvorené (upchávkové).

Ideálny kompresor

Ideálny kompresor je taký, ktorý:

- stláča ideálny plyn,
- nemá žiadne tlakové, tepelné ani mechanické straty,
- je dokonale tesný a vytlačí z valca všetok plyn.

Princíp funkcie ideálneho kompresora a priebeh jednotlivých pochodov v p-v diagrame je znázornený na obrázku 12.11. Kompresnú krivku 1 - 2 uvažujeme ako izoentropu, pre ktorú platí rovnica adiabaty $p \cdot v^\kappa = \text{const.}$. Pre ideálny plyn je exponent izoentropy κ rovný Poissonovej konštante $\gamma = c_p / c_v$.



Obrázok 12.11 Funkcia ideálneho piestového kompresora v p-v diagrame

Technickú prácu kompresora, teda prácu potrebnú na uskutočnenie celého obehu určíme na základe zákonov termodynamiky podľa teórie stláčania plynov pomocou vzťahu pre izoentropickú technickú prácu:

$$W_{t,iz} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot p_s \cdot V_1 \cdot \left(\pi^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right) \quad (12.1)$$

kde π je pomer výtlačného a sacieho tlaku, p_s je sací tlak, V_1 je nasatý objem do valca.

Teplotu na konci izoentropického kompresného pochodu (stav 2 na *obrázku 11*) určíme na základe termodynamického vzťahu

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_v}{p_s} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \quad (12.2)$$

Skutočný kompresor

Pre skutočné kompresory výrobcovia poskytujú nasledovné údaje:

- 1) Zdvihový objem najčastejšie v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a otáčky, pri ktorých je tento objem udaný
- 2) Zoznam chladív, pre ktoré je kompresor možné použiť
- 3) Pracovnú oblasť kompresora pre jednotlivé chladivá spolu s teplotou alebo prehriatím pary v saní kompresora
- 4) Pre vhodné chladivá dosahovaný výkon v kW pre celú pracovnú oblasť so zohľadnením teploty kvapalného chladiva na vstupe do expanzného ventilu a teplôt na výstupe z výparníka a na saní kompresora
- 5) Pre jednotlivé chladivá príkon kompresora v kW pre celú pracovnú oblasť pre určitú teplotu alebo prehriatie na saní kompresora

Skutočný kompresor sa od ideálneho odlišuje týmito vplyvmi:

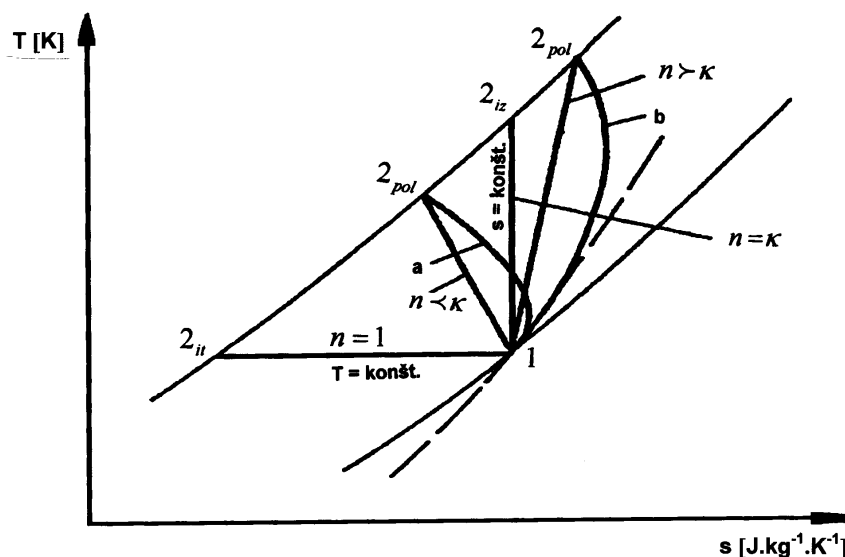
Vplyv reálnosti plynu

Pre reálne plyny platí stavová rovnica ideálneho plynu s prijateľnou presnosťou len v oblasti nižších tlakov a pre jednoatómové a dvoatómové plyny. V iných prípadoch je treba použiť stavové rovnice reálnych plynov, ktoré sú pre presné výpočty v chladiacej technike značne zložité a spracovateľné len pomocou výpočtovej techniky do obsiahlych výpočtových programov.

Hodnota exponentu izoentropie κ sa pri reálnych plynov odchyľuje od hodnoty Poissonovej konštanty γ . Pre hrubšie výpočty je možné uvažovať $\kappa \cong \gamma$ pre tlaky do cca 1 MPa (pre NH_3 $\kappa = 1,310$, pre R 12 $\kappa = 1,150$, pre R 22 $\kappa = 1,205$, pre R 134a $\kappa = 1,013$).

Vplyv priebehu kompresie

Pri skutočných kompresných pochodoch nastáva zdieľanie tepla medzi plynom a stenami pracovného priestoru a s okolitým prostredím a často dochádza k umelému vonkajšiemu chladeniu valca kompresora. V piestovom kompresore sa teplota stien pracovného priestoru ušľahuje približne na priemernej teplote medzi teplotou nasávaného a vytlačovaného plynu. Nasávaný plyn je chladnejší a ohrieva sa od stien, postupne sa teploty vyrovnávajú a v posledných fázach kompresie sa teplejší plyn od stien chladí.



Obrázok 12.12 Kompresné pochody v T-s diagrame

Kompresná krivka v T - s diagrame má potom charakter krivky „a” alebo „b” na obrázku 12, pričom poloha bodu 2 (polytropická kompresia) a bodu 2_{iz} (izentropická kompresia) závisí od veľkosti kompresora, stupňa jeho rýchlobežnosti, chladienia valcov a vlastností stlačanej látky. Pre uľahčenie výpočtov sa krivka „a” resp. „b” nahradzuje priamkou - polytropou s konštantným exponentom n . Ak odvedieme celé teplo vznikajúce kompresiou pracovnej látky dostaneme izotermickú kompresiu (proces 1 - 2_{iz} na obrázku 12), ktorá vyžaduje minimálnu prácu k stlačeniu plynu podľa vzťahu

$$W_{t,iz} = p_s \cdot V_1 \cdot \ln \frac{p_v}{p_s} \quad (12.3)$$

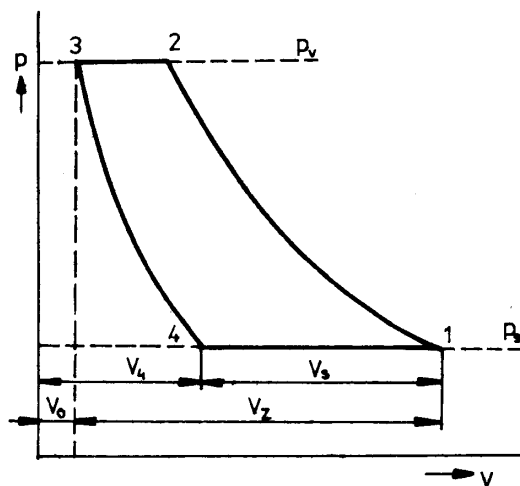
Výpočet technickej práce pre pohon kompresora pre polytropický proces je zhodný ako pre izentropickú kompresiu podľa vzťahu (1) s tým, že exponent κ nahradíme exponentom n .

Vplyv škodlivého priestoru

Žiadny piestový kompresor nemôže pracovať tak, aby piest dosadol na veko valca a tým vytlačil všetok plyn. V hornej úvrati medzi piestom a vekom musí zostať tzv. škodlivý priestor V_0 . V ňom zostáva nevytlačený plyn o výtlačnom tlaku p_v , ktorý pri spätnom pohybe piesta najprv expanduje na tlak p_s a len potom začne do valca prúdiť plyn zo sacieho potrubia. Sanie teda prebieha len v určitej časti zdvihu a zmenšenie nasávaného množstva sa vyjadruje tzv. expanzným súčiniteľom λ_v (nazývaným tiež objemovou účinnosťou η_o)

$$\lambda_v = \frac{V_s}{V_z} \quad (12.4)$$

kde V_z je zdvihový objem, V_s sací objem, V_0 objem škodlivého priestoru a V_4 objem plynu expandovaného zo škodlivého priestoru (pozri obrázok 12.13 - pochod v ideálnom kompresore so škodlivým priestorom).



Obrázok 12.13 Ideálny piestový kompresor so škodlivým priestorom

Pomerná veľkosť škodlivého priestoru ε je daná pomerom V_0/V_z a býva podľa rozmerov, konštrukcie a prevádzkových podmienok 3 až 10 % .

Vzťah (4) možno na základe rovníc termodynamiky upraviť v závislosti od ε a kompresnom pomere π pre polytropickú kompresiu s exponentom n do tvaru

$$\lambda_v = 1 - \varepsilon \cdot \left(\pi^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \quad (12.5)$$

Na výpočet technickej práce kompresora nemá existencia škodlivého priestoru prakticky žiadny vplyv, pretože práca vynaložená na stlačenie časti plynu do škodlivého priestoru sa takmer úplne pri jeho expanzii získava späť, takže je možné použiť vzťah (1).

Vplyv tlakových a tepelných strát

Pri pracovnom cykle kompresora dochádza k týmto tlakovým a tepelným stratám:

- Pri prietoku plynu ventilmi vzniká tlaková strata, ktorá spôsobuje na sacej strane zníženie hustoty plynu, a tým naplnenie valca menšou hmotnosťou a zvýšenie tlakového pomeru. Tento vplyv na naplnenie valca sa vyjadruje tlakovým súčiniteľom λ_p (nazývaným tiež súčiniteľom škrtenia λ_s).
- Pri vtekaní plynu do valca sa plyn ohrieva od jeho teplejších stien s vplyvom na hustotu a zníženie celkovej hmotnosti plynu, tento vplyv sa vyjadruje teplotným súčiniteľom λ_t (súčiniteľom strát oteplením).
- Pri kompresii plynu jeho časť uniká netesnosťami sacieho ventilu a piestových krúžkov na nízkotlakú stranu, takže hmotnosť vytlačeného plynu je nižšia ako nasatého. Tento vplyv sa vyjadruje súčiniteľom strát netesnosťami λ_n .

Všetky uvedené straty (vplyvy reálnych procesov v skutočnom kompresore) sa potom vyjadrujú súčiniteľom využitia zdvihového objemu λ (nazývaný tiež dopravnou účinnosťou η_d popisujúcou využitie pracovného priestoru (pomer skutočného a teoretického prietoku) podľa vzťahu

$$\eta_d = \lambda_d = \lambda_v \cdot \lambda_p \cdot \lambda_T \cdot \lambda_n = \frac{\dot{V}}{\dot{V}_t} \quad (12.6)$$

Izoentropická účinnosť

Je celkovou izoentropickou účinnosťou zahŕňajúcou nielen dopravnú účinnosť, ale aj mechanické straty pohonného mechanizmu. Popisuje odchýlku skutočného príkonu od izoentropického príkonu. Keďže popisuje celkovú účinnosť, má index c:

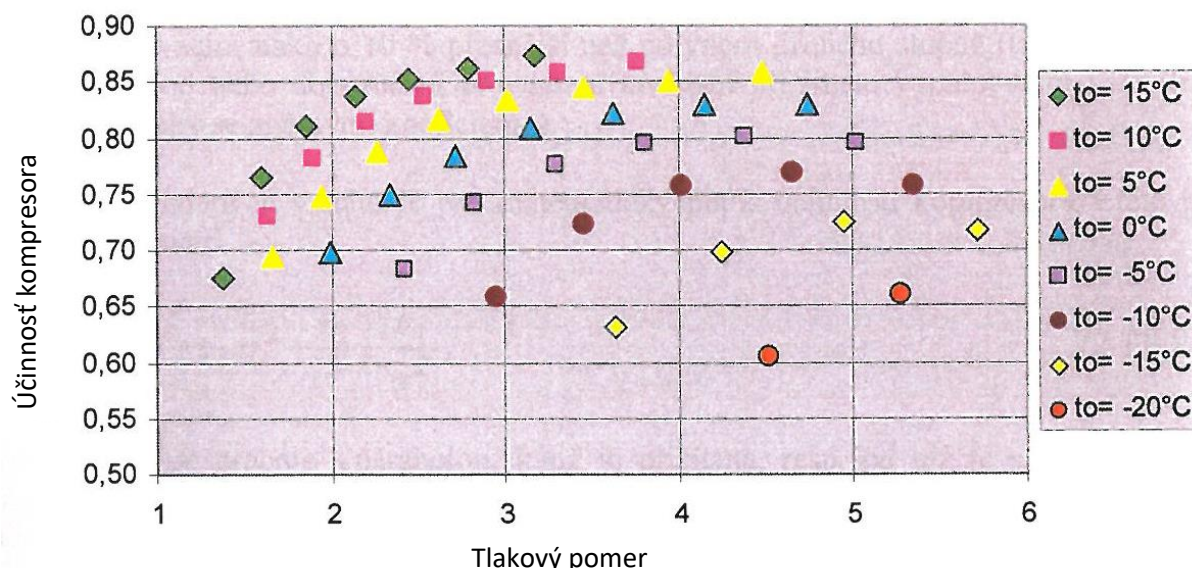
$$\eta_{ciz} = \frac{P_{iz}}{P_e}$$

Izoentropická účinnosť je aj diagnostický parameter. V údajoch od výrobcov môže byť rozdiel v účinnosti udávanej pre hermetické kompresory zahŕňajúcej i účinnosť elektromotora voči účinnosti otvorených kompresorov, ktorá sa udáva bez účinnosti elektromotora, ktorý priraduje ku kompresoru až montážna firma.

Aby výsledky výpočtov s rôznymi typmi kompresorov boli porovnateľné, musia byť účinnosti vzťahované na rovnaký pohon, ktorým je elektrický príkon. Preto pre výpočty otvorených kompresorov s amoniakom, sa ich účinnosť z podkladov výrobcov znižuje o účinnosť elektromotorov väčšinou približne 90 %.

Vzhľadom k funkčnej teoretickej závislosti izoentropického príkonu na tlakovom pomere sa predpokladá, že aj izoentropická účinnosť je funkciou tlakového pomeru.

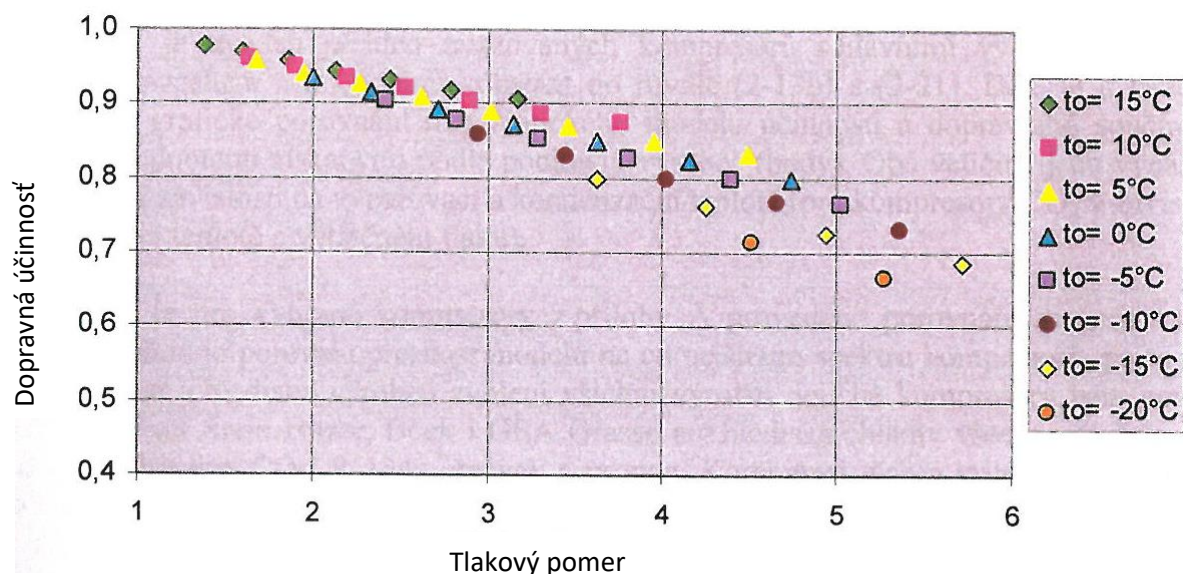
Príklady účinností



Obrázok 12.14 Príklady účinností kompresora Bitzer W4HA s chladivom R717. K popisu je potrebný viacstupňový polynom

Z obrázku je vidieť, že optimálna celková izoentropická účinnosť kompresora s amoniakom je pri nadnulových vyparovacích teplotách pri tlakovom pomere medzi 3 a 4 a presahuje 85 %.

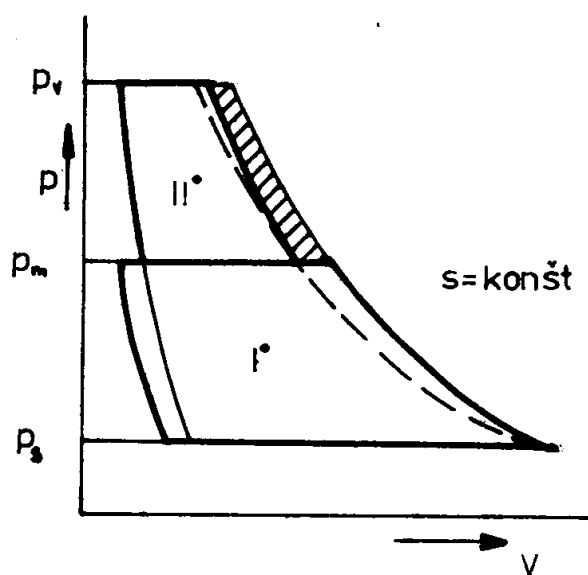
Pri podnulových teplotách a rovnakej kondenzačnej teplote optimálna celková izoentropická účinnosť kompresora s amoniakom je pri tlakovom pomere medzi 4 a 6 a znižuje sa až na 70 %.



Obrázok 12.15 Závislosť dopravnej účinnosti na tlakovom pomere kompresora Bitzer W4HA s chladivom R717. S rastúcim tlakovým pomerom dopravná účinnosť rovnomerne klesá. Závislosť dopravnej účinnosti je menej zložitá ako celkovej izoentropickej účinnosti na tlakovom pomere. Dá sa vyjadriť polynómom druhého stupňa. Pri tlakovom pomere 3-4 dosahuje medzi 90-80%

Delenie kompresie do viac stupňov

Pokles expanzného súčiniteľa (objemovej účinnosti) so zvyšovaním tlakového rozdielu medzi saním a výtlačkom pri súčasnom raste výtlačnej teploty so škodlivým vplyvom na mazací olej, životnosť ventilov, konštrukčné materiály a ďalšie vedú k nutnosti deliť kompresiu do dvoch alebo viacej stupňov.



Obrázok 12.16 Dvojstupňová kompresia v p-v diagrame

Deliaci tlak p_m (Obrázok 14 - dvojstupňová kompresia v p-V diagrame) sa optimalizuje z podmienky, aby súčet prác oboch stupňov bol minimálny. Potom $p_m = \sqrt{p_s \cdot p_v}$ a pre viacstupňovú kompresiu s počtom stupňov x pre tlakový pomer v jednom stupni (ten bude v každom stupni rovnaký) platí:

$$\pi_1 = \sqrt[x]{\frac{p_v}{p_s}} \quad (12.7)$$

Výpočet skutočného kompresora

Pre návrh piestového kompresora, teda pre výpočet hlavných rozmerov a príkonu je potrebné na základe zadaných parametrov chladiaceho obehu (kondenzačnej a výparnej teploty a chladiaceho výkonu) vypočítať alebo voliť ďalšie potrebné veličiny, a to:

- voliť druh použitého chladiva na základe potrebných tlakov a tlakového pomeru, prípadne voliť viacstupňovú kompresiu,
- pre zvolené chladivo hodnoty termodynamických veličín v stave nasávania a po kompresii (tlak, entalpiu a špecifický objem),
- voliť na základe experimentálnych skúseností hodnoty stratových súčiniteľov pre výpočet súčiniteľa využitia zdvihového objemu λ , resp. tento určiť na základe odporúčaného vzťahu pre chladivové piestové kompresory:

$$\lambda = (0,92 \div 0,95) - (0,04 \div 0,055) \cdot \pi \quad (12.8)$$

- voliť na základe experimentálnych skúseností hodnotu celkovej izoentropickej účinnosti kompresora $\eta_{iz,c}$, ako aj hodnoty účinnosti pohonného elektromotora a prevodu ak pripadá do úvahy.

Výpočet hlavných rozmerov piestového kompresora

Na základe uvedených zadaných a následne vypočítaných parametrov chladiaceho obehu je možné určiť výkonnosť kompresora, čo je hmotnostný tok kompresorom dodávaného plynu $\dot{m} [kg.s^{-1}]$, alebo objemový tok prepočítaný na niektorý vzťažný stav. Pri chladivových kompresoroch vzťahujeme objemovú výkonnosť $\dot{V} [m^3.s^{-1}]$ na tlak, teplotu a relatívnu vlhkosť v sacom hrdle kompresora (bod 1 na obrázku 13), potom platí:

$$\dot{V} = \dot{m} \cdot v_1 = \frac{\dot{Q}_0}{q_0} \cdot v_1 = \frac{\dot{Q}_0}{q_v} \quad (12.9)$$

Zdvihoý objem kompresora s počtom valcov resp. činných plôch i , priemeru piesta D a zdvihu L je

$$V_z = i \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \quad (12.10)$$

Teoretická výkonnosť kompresora určená na základe jeho rozmerov a otáčok n je potom:

$$\dot{V}_t = V_z \cdot n = i \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot n \quad (12.11)$$

Skutočná objemová výkonnosť kompresora $\dot{V}$ daná vzťahom (9) je nižšia ako teoretická $\dot{V}_t$ na základe už uvedených strát a určí sa vzťahom

$$\dot{V}_t = \frac{\dot{V}}{\lambda_d} \quad (12.12)$$

Pri návrhu kompresora sa potom používajú odporúčené hodnoty väzby medzi jednotlivými voliteľnými veličinami n , D a L , (pomer L/D býva v chladiťových kompresoroch 0,8 až 1,2). Pri viacstupňových kompresoroch platí uvedený výpočet pre jeden stupeň, výpočet rozmerov ďalších stupňov vychádza zo skutočných objemových prietokov týmito stupňami.

Výpočet príkonu piestového kompresora

Pri výpočte potrebného príkonu na pohon skutočného kompresora vychádzame z príkonu pre teoretický vnútorný proces pri kompresii, teda z už uvedeného izoentropického príkonu $P_{iz} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1)$. Ku uskutočneniu vnútorných procesov v plyne pri skutočnej kompresii je potrebný tzv. indikovaný príkon P_i .

Efektívny príkon P_e privádzaný na hriadeľ kompresora musí byť väčší ako indikovaný o príkon stroja pri chode naprázdno (daného trecími stratami mechanizmu kompresora), čo vyjadruje mechanická účinnosť kompresora $\eta_m = P_i / P_e$, ktorej hodnota sa pohybuje u malých kompresorov v rozmedzí 0,8 až 0,85, u veľkých 0,88 až 0,96.

Pretože hodnota P_i aj mechanická účinnosť sa u toho istého kompresora podstatne mení pri rôznych tlakových pomeroch, používa sa pre výpočet efektívneho príkonu celková izoentropická účinnosť podľa vzťahu

$$\eta_{iz,c} = \frac{P_{iz}}{P_e} \quad (12.13)$$

Výkon hnacieho motora kompresora určíme podľa vzťahu

$$P_m = c \cdot \frac{P_e}{\eta_{mot} \cdot \eta_p} \quad (12.14)$$

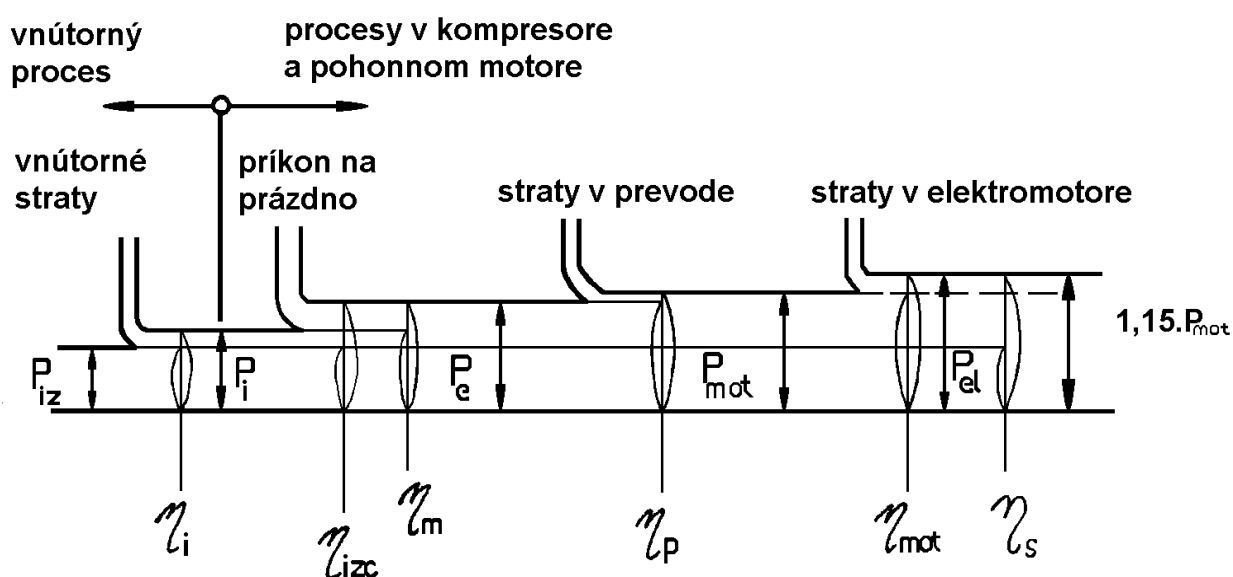
kde hodnota c je u elektromotora 1,15; u spaľovacieho motora 1,25 a η_{mot} je účinnosť pohonného motora a η_p je účinnosť prevodu medzi pohonným motorom a kompresorom, ak je použitý.

Príkon hnacieho motora P_{mot} je pri pohone elektromotorom daný príkonom na svorkách P_{el} a účinnosťou elektromotora η_{el} ($P_{mot} = P_{el} \cdot \eta_{el}$).

Pomer medzi teoretickým príkonom kompresora (P_{iz}) a skutočným príkonom pohonného motora (v prípade elektromotora príkon P_{el}) je tzv. účinnosť sústroja ($\eta_s = P_{iz} / P_{mot}$).

Chladiaci súčiniteľ (výkonové číslo) vzťahnuté na celý systém je potom

$$EER_s = \frac{\dot{Q}_0}{P_{mot}} \quad (12.15)$$



Obrázok 12.17 Znáznornenie strát a účinností v piestovom kompresore

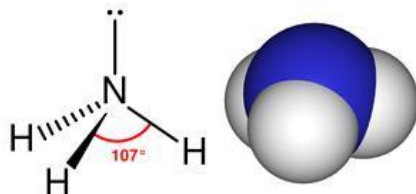
Postupnosť uvedených príkonov od teoretického izoentropického až po skutočný príkon pohonného motora ako aj hodnoty strát a účinností v piestovom kompresore je vidieť na *obrázku 17*.

13. Bezpečnosť pri práci s amoniakom

Pôsobenie amoniaku na ľudský organizmus

Všeobecná charakteristika amoniaku – Karta bezpečnostných údajov amoniaku

Amoniak je zlúčenina dusíka a vodíka so vzorcom NH_3 . Jeho chemická štruktúra je znázornená na obrázku [8].



Obrázok Chemická štruktúra amoniaku

Amoniak je jedovatá bezfarebná látka v plynnom alebo kvapalnom skupenstve. Je toxický, pri určitých koncentráciách výbušný, s charakteristickým štiplavým až dráždivým a dusivým zápachom zásaditej príchuti, ktorý sa ľahko rozpozná čuchom. Má dobrú rozpustnosť vo vode a parami dráždi horné dýchacie cesty človeka, čo je typickým prejavom a upozornením.

Vyparovaním uvoľnenej kvapaliny vzniká chladná hmla, ťažšia ako vzduch. Pri -28 % objemových amoniaku vo vzduchu môže zmes od plameňa, vysokej teploty alebo elektrickej iskry vybuchnúť. Za vlhkého počasia sa šíri v prízemných vrstvách atmosféry v podobe hmly. V značnej miere pohlcujú amoniakové pary voda a minerálne oleje. S vodou tvorí látka silne leptavé zmesi aj pri zriedení. Pri kontakte s kyselinami vzniká veľmi prudká neutralizačná reakcia.

Ako chladiace médium má amoniak charakteristické vlastnosti, ako sú mimoriadne veľká hmotnostná a dobrá objemová chladivosť, vysoký koeficient prechodu tepla pri zmene skupenstva, nemá nežiadúce účinky voči väčšine kovov, plastov a tesneniam, má neobmedzenú rozpustnosť s vodou, takmer úplnú nerozpustnosť s minerálnymi olejmi a primeranosť tlakov v rozmedzí cca. -40 až +50 °C. Amoniak patrí medzi najjedovatejšie chladiace médiá [11].

2RE CAS: 7664-41-7	AMONIAK, bezvodý	268 1005	
		T N 	

Systém identifikácie amoniaku a jeho nebezpečenstva

Pozor! Nebezpečie reakcie s chlóróm, brómom, jódom, ortuťou, chlorňanom vápenatým, chlorečnanmi, fluorovodíkom, ethylenoxidom, chlóróvodíkom, oxidom uhličitým, oxidom siričitým.

Aj napriek jeho uvedeným negatívnym vlastnostiam, (jedovatosť, výbušnosť) je najrozšírenejším používaným chladivom. Jeho výhody spočívajú vo výhodnom priebehu teplôt a tlaku, jeho malá miešateľnosť s olejom, jednoduché riešenie chladiaceho zariadenia, ľahká dostupnosť a nízka cena.

Chladivo R 717 amoniak:

Amoniak je jedným z najstarších a doposiaľ najrozšírenejších chladív pre parné a sorpčné obeh. Používa sa pre všetky druhy objemových kompresorov stredných až veľkých výkonnosti a menej pre turbokompresory vysokých výkonností. Osvedčuje sa predovšetkým pre najvyššiu hmotnostnú chladivosť i veľmi vysokú objemovú chladivosť, primerané tlaky v širokom rozsahu najčastejších teplôt –50 až +50°C a nízkou cenou pri dostatočnej kvalite vo výrobe. Je výbušný, horľavý a prudko jedovatý, avšak prenikavý zápach znižuje nebezpečenstvo tým, že vytvára neznesiteľné ovzdušie ako pri koncentráciách nižších, už sú životu nebezpečné.

Je ľahší ako vzduch, takže odsávanie ohrozených priestorov musí byť umiestnené na vrchu. V bezvodnom stave je agresívny k materiálom, už len s malým množstvom vody tvorí zásaditý NH_4OH , ktorý napadá mnoho kovov, predovšetkým neželezné a striebro a zinok v spájkach. Zvlášť nepriaznivo narušuje mosadz medzi kryštalickou koróziou, vedúcou až k trhlinám. Bronz sa môže používať pre klzné plochy v kompresoroch, je však potrebné ich chrániť pred zvlhnutím napr. orosením pri vybratí zo studeného stroja. S olejom sa nerozpúšťa a je ľahší, takže olej sa dá vypúšťať od dna nádoby. S vodou sa mieša neobmedzene.

Základné údaje o amoniaku

Tabuľka E.1 (STN EN 378-1)

Číslo chladiva	Chemický vzorec	Bezpečnostná skupina ^{d)}	Skupina tekutiny podľa PED	Účelná medza ^{e)}	ATEL/ODL ⁱ⁾	Horľavosť	Hustota pár	Mólová hmotnosť ^{a)}	Normálny bod varu ^{a)}	ODP ^{a) f)} (Potenciál rozkladu ozónu)	GWP ^{a) g)} (Potenciál globálneho otepľovania ^{a)} (100 yr ITH ^{h)})	Teplota samovznietenia
	Názov chemikálie ^{b)}											
				kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	25 °C, 101,3 kPa ^{a)}		(°C)			(°C)

Anorganické zlúčeniny

717	Amoniak	NH_3	B2L	1	0,000 35	0,000 35	0,104	0,704	17,0	–33	0	0	630
744	Oxid uhličitý	CO_2	A1	2	0,1	0,036	—	1,808	44,0	–78 ^{c)}	0	1	—

Pre zmesi R-400 a R-500 pozri tabuľky E.2 a E.3.

- ^{a)} Hustota pár, mólová hmotnosť, normálny bod varu, ODP a GWP nie sú časťou tejto normy a poskytujú sa len na informatívne účely.
- ^{b)} Používaný názov chemikálie sa uvádza v zátvorke.
- ^{c)} Sublimácie. Trojný bod je –56,6 °C pri absolútnom tlaku 5,2 bar.
- ^{d)} Pozri prílohu F. Neklasifikované chladivá vyjadrujú buď nedostatočné údaje na klasifikovanie alebo nepresné požiadavky na klasifikáciu.
- ^{e)} Pozri prílohu F.
- ^{f)} Prijaté Montrealským protokolom.
- ^{g)} IPCC, Druhá hodnotiaci správa (prijatá Kjotským protokolom).
- ^{h)} IPCC, Tretia hodnotiaci správa, 2001.
- ⁱ⁾ Hodnotiaci správa o ozóne, 1998.
- ^{j)} Medza vystavenia kritickej toxicite alebo medza straty kyslíka (ATEL/ODL), podľa toho, čo je menšie.
- ^{k)} Dolná medza výbušnosti.

chemický vzorec : súhrnný NH_3 , štruktúrny označenie podľa ISO : R 717

mólová hmotnosť: $M = 17,032 \text{ kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$

merná plynová konštanta: $R = 488,16 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Hodnoty v kritickom bode

tlak	$p_{kr} = 11,298 \text{ MPa}$
teplota	$t_{kr} = 132,40 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{kr} = 405,55 \text{ K}$
hustota	$\rho_{kr} = 235,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
merný objem	$v_{kr} = 4,255 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$
kompresibilný faktor	$Z_{kr} = 0,24282$
entalpia 1	$h_{kr} = 1078,4 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
entropia 1	$s_{kr} = 3,4375 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
exergia 2	$ex = 173,415 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Hodnoty pri tlaku	$p = 0,1 \text{ MPa}$	
teplota	$t_{0,1} = -33,57^\circ\text{C}$	$T_{0,1} = 239,58 \text{ K}$
merný objem	$v_{0,1} = 1,46574 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	$v_{0,1}'' = 1137,40 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$
entalpia1	$h_{0,1} = 44,47 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	$h_{0,1}'' = 1416,11 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
výparné teplo	$l_{0,1} = 1371,64 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	
entropia1	$s_{0,1} = 0,3947 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$s_{0,1}'' = 6,1199 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
teplota tuhnutia	$t_{t,0,1} = -77,75^\circ\text{C}$	$T_{tr} = 195,4 \text{ K}$

Hodnoty v trojnom bode

teplota	$t_{tr} = -77,9 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{tr} = 195,25 \text{ K}$
tlak	$p^{tr} = 6,07 \text{ kPa}$	
merný objem kvapaliny	$v'_{tr} = 1,365 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	
merný objem ľadu	$v_{tr} = 1,224 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	
tavné teplo ľadu	$l_{t,tr} \cong 332 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	

Ekologické parametre

pomerný potenciál rozkladu ozónu	ODP = 0
skleníkový efekt	GWP = 0

Základné výrobné postupy

Vysokotlaká syntéza (pri cca 500°C , 20 MPa) $\text{N} + 3\text{H} \rightarrow \text{NH}_3$

Východzia surovina plyny (generátorový, zemný, koksárenský a pod.)

Pôsobenie amoniaku na ľudský organizmus [12]:

0,0005 % obj.	–	znesiteľný čuchom,
0,005 % obj.	–	znesiteľný po dlhšiu dobu,
0,005 ÷ 0,02 % obj.	–	bez vážneho poškodenia zdravia po dobu 60 minút,
0,07 ÷ 0,1 % obj.	–	neznesiteľný a po dlhšej dobe poškodenie dýchacích orgánov,
0,2 ÷ 0,3 % obj.	–	vážne poškodenie očnej rohovky a po 30 až 60 min. smrť,

0,5 ÷ 0,6 % obj. – oslepnutie a po 30 min. smrť,

1 % obj. – smrť.

Ak si pozrieme hodnoty pôsobenia amoniaku z rôznych zdrojov podľa príručky IIR, rozumný kompromis úrovne, ktorá nespôsobuje ťažkosti je 30 ppmv. Ťažšie je porovnávať hodnoty úrovne, ktorá po 30 minútach pravdepodobne spôsobuje usmrtenie. Väčšinou sa uvádza obsah 1 %obj., či je 10000 ppmv. Koncentrácia rovná 5 000 ppm a vyššia s veľkou pravdepodobnosťou po troch minútach spôsobuje smrť udusením.

V Spojených štátoch sa bežne používa koncepcia koncentrácie „bezprostredne ohrozujúcej život a zdravie“ (IDLH). Táto koncentrácia, ktorú definoval Národný ústav pre bezpečnosť a zdravie pri práci (NIOSH) predstavuje limit, prekročením ktorého človek neunikne smrti alebo vážnemu zraneniu, ak sa mu neposkytne pomoc do 30 minút. Limit IDLH pre amoniak je len 300 ppm. Často sa táto hodnota používa ako užitočná mierka maximálnej úrovne, pri ktorej pomôže používanie ochrannej masky s filtrom. Pri koncentráciách nižších ako je táto hodnota bude prevádzkovateľ v prípade havárie stále schopný uniknúť z miesta bez zranenia.

Prepočet ppm na gramy [17]

Parameter medze straty kyslíka

Tento parameter, ktorý sa objavil pri prijímaní opatrení na elimináciu alebo zníženie rizika na pracoviskách strojovne, je prevzatý z Nariadenia vlády SR č. 393/2006 Z. z. a ukladá zamestnancovi povinnosť používať izolačný dýchací prístroj, ak v ovzduší v priestore s nebezpečenstvom výbuchu nie je zabezpečených najmenej 19 % objemového množstva kyslíka [5].

Pri navrhovaní a kontrole chladiacich okruhov potrebujeme medzné koncentrácie (kg/m^3), ktoré sú uvedené v STN EN 378-1. Parameter 19 % objemového množstva kyslíka vo vzduchu vyžaduje prepočet na medzné koncentrácie v kg/m^3 . Medza straty kyslíka (ODL do 18 obj. % O_2) zodpovedá 140 000 ppm objemu chladiva vo vzduchu do nadmorskej výšky 1 000 m (podrobnejšie v STN EN 378-1). Medza straty kyslíka do úrovne 18 objemových % sa okrem STN EN 378-1 používa vo všetkých svetových normách, napríklad ASHRAE 34, ISO 817. S ohľadom na túto medzu straty kyslíka sú stanovené medzné koncentrácie chladiva v kg/m^3 , ktoré na hodnotenie rizík potrebuje tak projektant, ako aj zamestnávateľ či dozorné orgány. Pre amoniak koncentrácia 0,005 % obj znesiteľná po dlhšiu dobu je použitá pre výpočet ATEL.

Výpočet medze straty kyslíka

Tento parameter používaný podľa NV č. 393/2006 Z.z. nemusí byť na stanovenie medznej koncentrácie chladiva rozhodujúci, pretože medza straty kyslíka (ODL) má byť do úrovne 18 obj. %. Parameter 19,5 obj. % O_2 používala norma ASHRAE 34 do roku 2008. ASHRAE 34 bola v roku 2008 modifikovaná so súhlasom ANSI, pričom hodnota 19,5 % bola znížená na úroveň 18 obj. % O_2 .

Na výpočet medznej koncentrácie PL slúžia v skutočnosti až tri parametre:

- ATEL – medza vystavenia kritickej toxicite,
- ODL – medza straty kyslíka,
- FCL – medza koncentrácie horľavosti.

Vypočítajú sa všetky tri a z nich sa vyberie najnižšia hodnota.

ODL pri HFC chladivách

Vypočíta sa ako:

$ODL \text{ (ppm)} = 1\,000\,000 \times (FO2 \text{ normal} - FO2 \text{ minimum}) / FO2 \text{ normal}$

- pri 18 % O₂: $ODL = 1\,000\,000 \times (0,2095 - 0,18) / 0,2095 = 140,811 \text{ ppm}$
- pri 19,5 % O₂: $ODL = 1\,000\,000 \times (0,2095 - 0,195) / 0,2095 = 69,212 \text{ ppm}$

ODL pri amoniaku

- $0,005 \% = 1\,000\,000 / 100 \times 0,005 = 50 \text{ ppm}$

kde:

FO₂ – je podiel (frakcia) kyslíka vo vzduchu (minimálny a normálny),

ODL – Oxygen Deprivation Limit (medza straty kyslíka).

Stanovenie medznej koncentrácie chladiva

Výpočet RCL

Vytesnený kyslík (ODL) nahradený chladivom je parameter RCL, ktorý určuje hodnotu hladiny koncentrácie chladiva. Získa sa výpočtom, pričom na prevod RCL z objemového vzťahu na hmotnostnú jednotku objemu (g/m³) (z RCL_{ppm} na RCL_M) sa má použiť podľa STN EN 378-1 tento vzorec:

$$\phi = \gamma \cdot a \cdot M$$

kde

ϕ je RCL vyjadrená v g/m³,

γ – RCL vyjadrená v ppm,

$a = 4,096 \times 10^{-5} \text{ mol/m}^3$,

M – molová hmotnosť chladiva v g/mol.

Príklad pri chladive R134a

- vytesníme $20,5 - 19,5 = 1 \% \text{ kyslíka} = 69\,000 \text{ ppm} = 292 \text{ g/m}^3$
- vytesníme $20,5 - 18 = 2,5 \% \text{ kyslíka} = 140\,000 \text{ ppm} = 582 \text{ g/m}^3$

Príklad pri chladive amoniak

- pri podiele 0,005 % vo vzduchu, potom $RCL = 0,348 \text{ g/m}^3$.
- LFL pre R717 = 104 g/m^3

Hodnota LFL pre amoniak je vyššia ako ATEL a preto nie je rozhodujúca pre určenie PL. Pre chladivo R134a ATEL hodnota je vyššia ako hodnota RCL. Preto sa ATEL použije na určenie PL_{R134a}.

Medzné koncentrácie PL sú však založené aj na skúsenostiach a ich hodnota môže byť nižšia aj vyššia ako RCL.

Tabuľka Parametre LFL, ATEL, RCL podľa ISO/FDIS 817 na stanovenie PL

Chladivo	LFL (g/m ³)	ATEL _{ppm}	ATEL _M (g/m ³)	RCL _{ppm}	RCL _M (g/m ³)	PL – medzná koncentrácia chladiva STN EN 378-1
R134a	–	50 000	250	140 000	585	250 g/m ³
R410A	–	170 000	505	140 000	416	*444 g/m ³
R717	104	50	0,35			0,35 g/m ³

* Okrem vypočítaných údajov rozhodujú pri stanovení PL aj skúsenosti normotvorcov.

ATEL (zvýšená citlivosť srdca) má byť pri R134a 50 000 ppm = 250 g/m³.

ATEL má byť pri R717 50 ppm = 0,35 g/m³.

LFL (dolná hranica horenia) pri R134a = 0, pre R717=104 g/m³

Súhrn prepočtu ppm na gramy

Vypočítaná hodnota hladiny koncentrácie chladiva (RCL) a praktického limitu/medznej koncentrácie (PL) nemusia navzájom súhlasiť. Do stanovenia konečného PL vstupujú aj ďalšie vplyvy. Napríklad hodnota ATEL chladiva R134a 50 000 ppm je daná citlivosťou srdca a je uvedená v ISO 817 na str. 57. Preto je PL (250 g/m³) pri R134a iný ako RCL (585 g/m³), a to výrazne nižší.

PL sú teda založené na skúsenostiach s ATEL a RCL a ich hodnota môže byť aj vyššia, aj nižšia ako RCL. To je hlavný rozdiel medzi vypočítanou hodnotou RCL a medznou koncentráciou PL.

PL sú výrazne nižšie ako koncentrácie chladiva, ktoré môže viesť k uduseniu následkom vypudenia kyslíka, alebo ktoré majú narkotické účinky (N), prípadne účinky ovplyvňujúce srdečnú činnosť (CS) (80 % efektívnej hladiny) po krátkej dobe pôsobenia (podľa toho, ktorý účinok je kritickejší). Norma STN EN 378-1 zaraďuje HFC chladivá do bezpečnostnej skupiny A1 a podľa PED do skupiny 2 nie nebezpečných tekutín. Amoniak je v bezpečnostnej skupine B2L a podľa PED v skupine 1 medzi nebezpečnými tekutinami.

14. Vybrané vlastnosti amoniaku

Akosť (kvalita) amoniaku [19]

Technický kvapalný amoniak je vyrábaný v dvoch akostiach podľa tabuľky.

Tabuľka Akosť chladiva R 717

Akosť	A	B
amoniak (% min.)	99,8	99,0
voda a ostatné naprchaté nečistoty (% max.)	0,2	1,0
interné plyny (stanový výrobca na žiadosť odberateľa len pri dodávkach vo fľašiach)	0,1	neuvádzané

Pre chladiace zariadenia je vhodná akosť A.

Podľa zahraničných noriem a predpisov vyhovuje amoniak ako chladivo, ak je pri vyparení vzorku z x = 0,05 na 0,97 zmena teploty varu 0,9 K, resp. 0,6 a obsah vody do 0,2 %.

Horľavosť

Podľa STN EN 378-1 príloha E je teplota vzplanutia 630 °C. V zahraničných prameňoch sa uvádzajú teploty v rozpätí 540 až 850 °C podľa spôsobu skúšania, zapálenia a pomeru zmiešaním so vzduchom. V každom prípade leží táto teplota vysoko nad prevádzkovými stavmi a môže vzniknúť iba ako havarijný stav.

Amoniak vďaka nižšiemu spalnému teplu asi 19 000 MJ/kg patrí do triedy s „nízkou horľavosťou“ (trieda B2L). Maximálna rýchlosť horenia amoniaku je približne 8 cm.s⁻¹ pri koncentrácii 23 % a rýchlosť horenia pri dolnom limite horľavosti je asi 3 cm.s⁻¹. Sú to príliš nízke rýchlosti pre výbuch. Keďže je táto rýchlosť nižšia ako rýchlosť zvuku, toto horenie sa nazýva aj „deflagrácia“ (Deflagrácia: Výbuch šíriaci sa podzvukovou rýchlosťou. Nedochádza k detonačnej vlne. Detonácia: Výbuch šíriaci sa nadzvukovou rýchlosťou). V tabuľke sú uvedené hodnoty pre amoniak a metán.

Tabuľka Vlastnosti výbuchu (príručka IIR)

Charakteristika výbuchu	Metán	Amoniak
Najvyšší tlak	7,24 baru	4,14 baru
Miera nárastu tlaku	207 bar.s ⁻¹	30,3 bar.s ⁻¹
Typ spaľovania	detonácia	deflagrácia

Výbušnosť

Podľa STN EN 378 - 1 príloha E sú dolné a horné medze výbušnosti 15 až 28 % objemových vo vzduchu. Zahraničné pramene uvádzajú hodnoty len málo odchylné. Havárie, pri ktorých došlo k výbuchu alebo horeniu, vznikli väčšinou interakcií viac vplyvov.

Pary zmiešané so vzduchom tvoria výbušné zmesi len v obmedzenom rozsahu – dolná medza ich výbušnosti je daná objemovou koncentráciou vyššou než 3,5 %.

Kritická koncentrácia (t. j. smerná koncentrácia pre likvidáciu havarijných situáciách, ktoré nesmú byť prekročené pri výrone celej náplne do ktorejkoľvek časti objektu, v ktorom je chladiace zariadenie inštalované) je 7,5 % obj. čo je 53 g.m⁻³ cez istú rôznosť v údajoch o pôsobení na ľudský organizmus (sú výsledkom skúšok na rôznych zvieratách).

Tepelná stabilita

Suchý amoniak sa rozkladá na vodík a dusík pri teplotách nad 260 °C. Liatina teploty 110 až 120 °C ponorená do vodného roztoku amoniaku spôsobila vývin vodíka. Pre bežné prevádzkové podmienky je amoniak plne stabilný.

Elektrické vlastnosti

Z pomerne zriedka publikovaných údajov sa dá uviesť

elektrická vodivosť kvapaliny $\alpha = 1 \cdot 10^{-7} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ pri 18°C

dielektrická konštanta kvapaliny $\epsilon = 25,4$ až $14,9$ pre -77 až 24°C

pary $\epsilon = 1,0072$ pre $0,1 \text{ MPa}, 20^\circ\text{C}$

prierazné napätie pary $31 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ pre $0,1 \text{ MPa}, 0^\circ\text{C}$

Znášanlivosť amoniaku s konštrukčnými materiálmi

Kovy

- Vhodné: železné kovy (liatina, oceľ uhlíková a zliatinová), hliník

- Nevhodné: zinok (za prítomnosti vlhkosti sa rozpustí), meď a jej zliatiny (za prítomnosti vlhkosti sa rozpustí na $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4$)
- Prijateľné (s podmienkou kratšej životnosti a zabráneniu styku s vlhkosťou): fosforový bronz, kupronikel.

S ortuťou tvorí výbušnú zmes $\text{Hg}_2\text{NOH} \cdot (1 \div 3) \text{H}_2\text{O}$

Plastické hmoty

Bežne používané plasty amoniak ani nenapadá chemicky, ani nespôsobí ich leptanie. Rozhodujúci pre použitie toho ktorého druhu je jeho reakcia s použitým kompresorovým olejom. Zvláštny význam ponúka tento problém u nového používaného syntetického maziva a vývoj zapuzdrených kompresorov.

Dehydračné látky

Ako dehydračné látky sa dajú použiť látky alkalické, silikagel SiO_2 , kysličník hliníku Al_2O_3 a molekulárna síta. Nevhodné sú látky kyslé, s ktorými amoniak chemicky reaguje.

Pôsobenie na človeka a organické látky

Amoniak sa vyznačuje neznesiteľným zápachom, a to už v koncentráciách výrazne nižších, ako sú zdraviu alebo dokonca životu nebezpečné.

To je na jednu stranu významné varovanie, ktoré znižuje nebezpečenstvo, na druhej strane môže spôsobiť paniku ako jednotlivca, tak aj väčšieho počtu ľudí.

Jedovatosť

Amoniak patrí medzi najjedovatejšie chladivá vôbec v 6-triednej stupnici Underwriters' Laboratories patrí do 2. skupiny, t. j. medzi látky so smrteľným pôsobením v koncentrácii 0,5 až 1 % objemu behom 30 minút podľa STN EN 378 patrí do 2. skupiny (chladivá s narkotickým, dráždivým, leptavým či toxickým účinkom).

Žieravosť

Pri pokvapkaním pokožky kvapalným amoniakom – ktoré nad to môže byť spojené aj s vdýchnutím pár – dochádza k poleptaniu chemickým pôsobením amoniaku vzniku omrzlín charakteru popálenín následkom intenzívneho ochladenia postihnutého miesta varom kvapaliny pri cca -33°C .

Pokvapkaním pokožky môže mať aj mnoho ďalších vyvolaných následkov, hlavne mikrobiálnu nákazu.

Mimoriadne vážne sú zranenia očí – poškodenie spojivky, rohovky alebo aj hlbšie uložených častí oka – a to aj pri obyčajnom vyparovaní chladiva či kombinovanými účinkami chemického pôsobenia chladiva samotného alebo rozpusteného vo vlhkosti oka. Tieto zranenia sú veľmi nebezpečné ľahkou možnosťou oslepnutia ako základným účinkom, tak následnou infekciou. Podobne závažné je postihnutie dýchacích orgánov, kde sa okrem vlastnej toxicite môže dôjsť pri náhlom výrone amoniaku pri haváriách.

Kontaminácia skladovaného materiálu (tovaru)

Čerstvé aj zmrazené potraviny znehodnocuje amoniak v rôznej miere podľa ich druhu, obalu a koncentrácii chladiva vo vzduchu, a to ako chuťové, tak menením ich farby. Semená pôsobením hlavne pri vyšších koncentráciách usmrčuje za rôzne dlhú dobu podľa druhu. Textil a kožušiny rozrušuje predovšetkým pri vyšších koncentráciách a za spolupôsobenie vlhkosti.

Zisťovanie úniku chladiva

Tesnosť chladiaceho zariadenia je podmienkou hospodárnej prevádzky a bezpečnosti zdravia osôb obsluhujúcich chladiace zariadenie a chladené priestory. Preto sa požaduje, aby všetky chladiace zariadenia boli dokonalé tesné.

Amoniak unikajúci netesnosťami sa prezradí svojím charakteristickým zápachom. Niekedy však býva priestor zaplnený amoniakom tak, že podľa intenzity zápachu nie je možné určiť miesto, kde amoniak uniká, najmä ak prechádza takým priestorom, kde je viacej potrubí a armatúr. K bezpečnému zisteniu sa používajú detektory. Ako detektor amoniaku sa tiež používa sírny knôt. Je to prúžok papiera s povlakom síry. Pre všetky strojovne platí všeobecný zákaz k používania otvoreného ohňa. Výnimkou je odborný montér a pracovníci pod dozorom. V strojovniach s amoniakovou náplňou je povolená výnimka pri hľadaní netesnosti horiacim sírnym knôtom.

Horiaca síra má modravý plameň. Pary síry s parami amoniaku dávajú mliečne biely dym. Ak sa priblíži zapálený sírny knôt k miestu úniku amoniaku objaví sa intenzívny biely dym.

Rovnaký účinok ako sírny knôt má kyselina soľná. Ak odzátkujeme fľaštičku s touto kyselinou vystupujú pary, ktoré pri styku s parami amoniaku tvoria rovnaký biely dym.

Novšie systémy pracujú s inteligentnými čidlami ako napr. Dräger PAC III., kde priamo je znázornený údaj o úniku v jednotkách ppm.

15. Príklad stanovenia opatrení pri vzniku mimoriadnej udalosti z hľadiska ohrozenia obyvateľov

Nebezpečná látka amoniak používaná pri prevádzke chladiaceho zariadenia [20]

Najväčšou nevýhodou používania amoniaku je riziko, aké predstavuje pri vysokých koncentráciách, riziko, ktoré sa v správach o zriedkavých nehodách neprimerane nafukuje.

Je dôležité pochopiť, že nebezpečenstvo a riziko sa líši v závislosti od závažnosti vzniknutého úniku. Úniky amoniaku pri veľmi malých koncentráciách sú zistené okamžite, pretože spôsobujú ťažkosti.

S rastúcou koncentráciou vzniká riziko vypuknutia paniky a poskytuje to impulz na opustenie miesta úniku. Vyššia koncentrácia predstavuje riziko aj z lekárskeho hľadiska, dokonca môže dosiahnuť aj takú úroveň, pri ktorej dochádza k usmrteniu. Pri veľmi vysokej koncentrácii môže dôjsť aj k vznieteniu a explózii.

Školený personál prevádzky väčšinu únikov poľahky zvládne skôr, ako by mohli narušiť bezpečnosť človeka.

Základným predpokladom na predchádzanie únikom je poznať, čo ich spôsobuje a čo robiť, ak dôjde k nehode.



Porucha upchávky uzatváracieho ventilu



Poruchy pri manipulácii s armatúrami



Korózia potrubia – nedostatočná parotesná izolácia



Korózia časti chladiča



Nedostatočné odmrazovanie chladičov



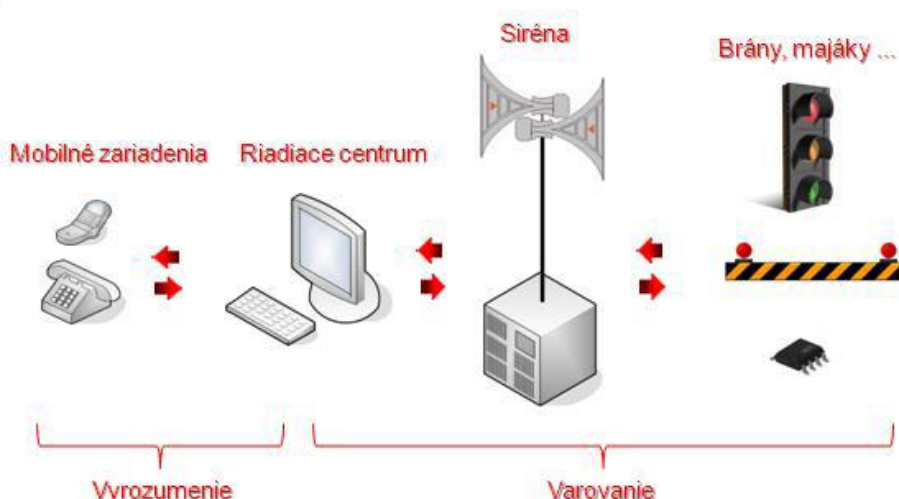
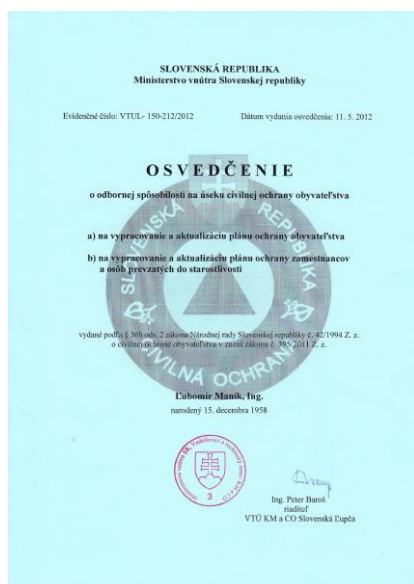
Korózia a nadmerný tlak

Príklad stanovenia opatrení pri vzniku mimoriadnej udalosti s únikom chladiva R717 z hľadiska ohrozenia obyvateľov

Vypracovaný v zmysle zákona národnej rady č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva v znení neskorších predpisov a podľa prílohy č.3 vyhlášky Ministerstva vnútra Slovenskej republiky č. 533/2006 Z. z. o podrobnostiach o ochrane obyvateľstva pred účinkami nebezpečných látok v znení novely č. 445/2007 Z. z.

Prevzaté z firemných dokumentov pri vypracovaní - Plánov ochrany pri vzniku

Potrebné osvedčenie na výkon činnosti (prevzaté z firemných dokumentov pri vypracovaní plánov ochrany pri vzniku mimoriadnej udalosti spoločnosti MrazTech. Potrebné osvedčenie na výkon činnosti a zloženie autonómneho systému :



Závery z analýzy územia z hľadiska možných mimoriadnych udalostí s únikom nebezpečných látok s uvedením následkov na postihnutom území a plán ochrany pri vzniku mimoriadnej udalosti

Druh zariadenia prevádzkovaného na Zimnom štadióne je :

Jednostupňové chladiace zariadenie s priamym systémom chladenia a s núteným obehom chladiva patriace do skupiny **A**, písmena **i)** s množstvom plynu ako chladiva nad 25 kg, podľa vyhlášky č.508/2009 Z. z..

Nebezpečná látka používaná pri prevádzke chladiaceho zariadenia :

Amoniak R 717, chemická značka NH_3 – max. náplň 1 000 kg

Celý objekt Zimného štadióna možno z hľadiska možného nebezpečia vzniku mimoriadnej udalosti spojennej s únikom amoniaku vyčleniť na miesto v strojovni chladenia.

Strojovňa chladenia je najväčším rizikom pre únik amoniaku. Amoniak je sústredovaný prevažne v tlakových nádobách a doskových výmenníkoch s maximálnym prevádzkovým tlakom 1,3 MPa.

Jednotlivé čiastkové zdroje úniku :

- expanzná nádoba, objem 4 000 lit. (400 kg)
- kondenzátor odparovací Baltimore (50 kg)
- potrubný rozvod ľadovej plochy (500 kg)
- čerpadlová zostava s príslušným potrubím (50 kg)

Stanovenie pásma priameho ohrozenia a ochranného pásma v programe ALOHA :

Predpokladaný únik 500 kg amoniaku

Pásmo priameho ohrozenia NL $H_{ppo} = 18 \text{ m}$

Ochranné pásmo $H_{op} = 65 \text{ m}$

Pásmo ohrozenia výparmi $H_{pov} = 222 \text{ m}$

Počet osôb v priamom ohrození : 2 zamestnanci (obsluha strojovne chladenia)

Počet osôb v ochrannom pásme : 5 zamestnancov + návštevníci štadióna

Stanovenie predpokladaných oblastí ohrozenia :

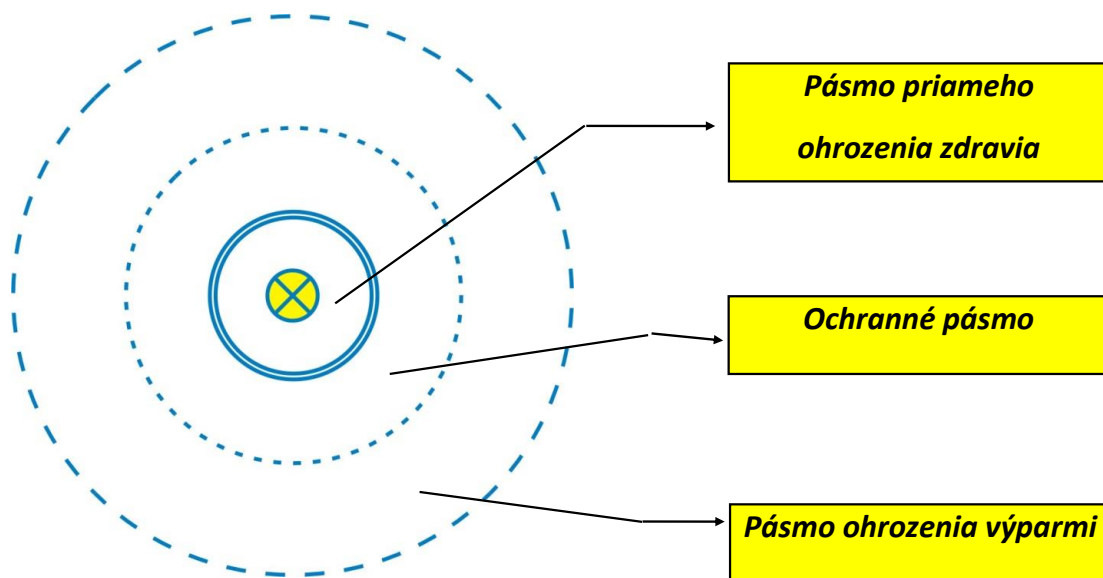
Pásmo priameho ohrozenia – oblasť, ktorého vonkajšia hranica je min. 50 m od zdroja daná stredovým uhlom 360 stupňov, kde nechránená osoba v priebehu niekoľkých minút môže obdržať takú dávku nebezpečnej látky, ktorej množstvo je životu nebezpečné.

Ochranné pásmo – oblasť, ktorého vonkajšia hranica je min. 100 m od zdroja daná stredovým uhlom 360 stupňov, kde nechránená osoba v priebehu niekoľkých minút , prípadne hodín môže obdržať takú dávku nebezpečnej látky, že toto množstvo nebezpečné pre zdravie.

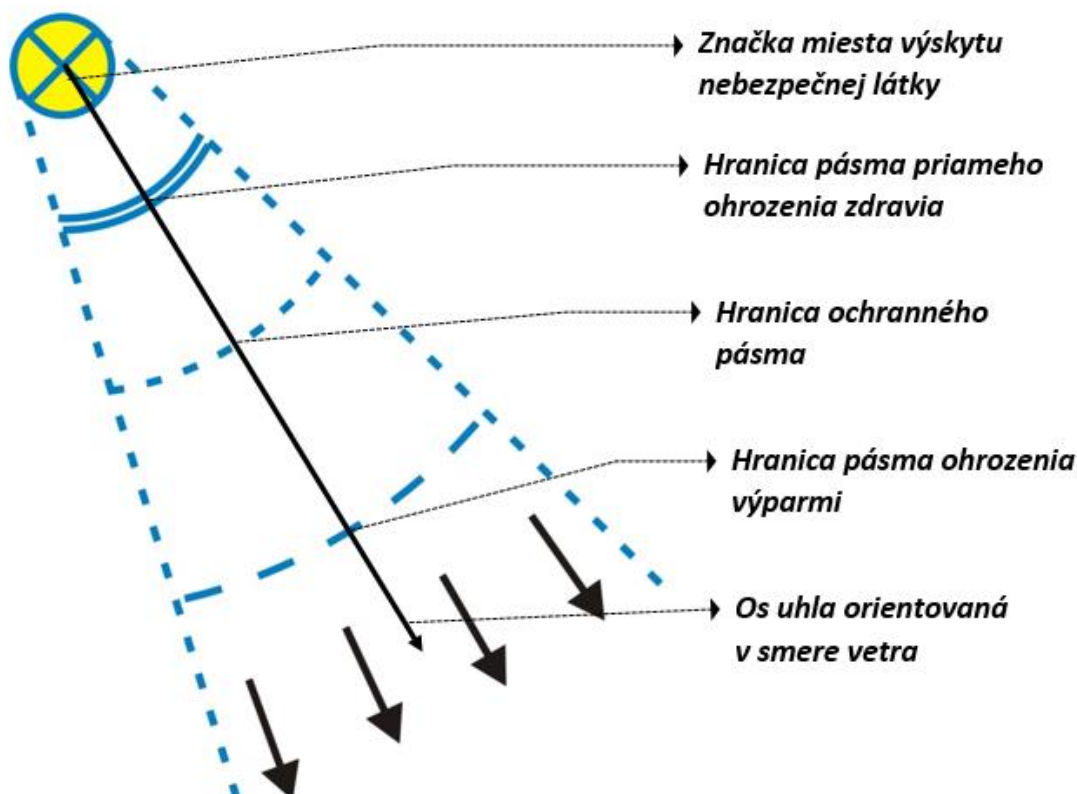
Pásmo ohrozenia výparmi - oblasť vymedzená (vzdialenosť od miesta úniku), kde rizikové citlivé osoby ako deti, tehotné ženy, starí ľudia, chorí, ľudia s alergickými ochoreniami môžu citlivo vnímať túto látku a látka môže vyvolať ich podráždenie a alergickú reakciu.

Bezpečný priestor - oblasť vymedzená (vzdialenosť od miesta úniku), kde sa výskyt nebezpečnej látky nepredpokladá a ktorý je vzdialený najmenej 100 m od miesta výskytu nebezpečnej látky.

PÁSMA PREDPOKLADANÉHO OHROZENIA



PÁSMA OHROZENIA PO VZNIKU MIMORIADNEJ UDALOSTI V SMERE VETRA



Zóny na predchádzajúcom obrázku

Pásmo 1 v rozsahu 0-58 m – pásmo od zdroja úniku po hranicu 1 % mortality (C 1%), kde možno očakávať smrtiace účinky amoniaku

Pásmo 2 v rozsahu 58 – 107 m – pásmo od zdroja úniku od hranice mortality (C 1%) po ERPG 3, kde je stále ohrozenie života

Pásmo 3 v rozsahu 107 – 171 m – pásmo od ERPG 3 po IDLH, kde je ohrozenie zdravia a jeho nezvratného poškodenia

Pásmo 4 v rozsahu nad 171 m – nepredpokladajú sa nezvratné zmeny zdravia

- Pri výrone plynného amoniaku je počiatočná rýchlosť veľmi vysoká v prvých sekundách, potom rýchlosť po 10 sekundách klesá až na 10 % v priebehu 30 sekúnd. Čidlo zaznamená únik, zapína sa sprchové zariadenie, vetranie a zvuková signalizácia
- Pri výrone kvapalného amoniaku, časť prechádza okamžite do plynnej fáze a z kaluže sa postupne uvoľňuje amoniak.

16. Náhodný únik do atmosféry

Amoniak sa pri atmosférickom tlaku (1,013 baru) vyparuje pri teplote $-33,3^{\circ}\text{C}$. Na jeho uchovávanie v kvapalnom stave je potrebné ho udržiavať pri vyššom tlaku, alebo ho chladiť. Pri teplote $-33,3^{\circ}\text{C}$ sa jeden liter kvapalného amoniaku odparí na približne 750 litrov plynného amoniaku, za predpokladu, že bolo k dispozícii dostatočné množstvo tepla (934 kJ) potrebné na jeho odparenie. Z tohto dôvodu sa voda nikdy nesmie liať do kvapalného amoniaku, lebo teplo, ktoré by vzniklo jeho rozpustením vo vode, by spôsobilo prudké zovretie kvapalného amoniaku [20].

Amoniak sa v chladiacom zariadení nachádza väčšinou v kvapalnom skupenstve a pri nízkej teplote. Ak by došlo k úniku v priestore s plynom bez dodania ďalšieho tepla, unikol by len stlačený plyn a menšie množstvo (10 % až 20 %) kvapalného amoniaku. Keďže má plynný amoniak 0,6-krát nižšiu hustotu ako vzduch, bude stúpať a rýchlo zníži svoju koncentráciu rozpustením sa v atmosfére (pozri predchádzajúce obrázky). Plynný amoniak je bezfarebný, no oblak vodnej pary sa rýchlo zmení na vlhký vzduch. Plynný amoniak sa vo vode ľahko rozpustí: pri teplote 20°C absorbuje jeden liter vody asi 0,517 kg kvapalného amoniaku, čo zodpovedá približne 650 litrom plynného amoniaku.

Činnosť na mieste úniku amoniaku

Čo najrýchlejšie dostať zo zamoreného priestoru osoby a dopraviť ich mimo zamorený priestor a poskytnúť prvú pomoc.

- Zapnutie havarijných ventilátorov na odvetranie zamoreného priestoru, prípadne vypnutím celej strojovne a prívodu elektriny.
- Poplašným zariadením signalizovať výron amoniaku.
- Rýchle upovedomiť nadriadeného o výrone amoniaku.
- Likvidácia výronu amoniaku: pri likvidácii je stále zapnuté havarijné vetranie a pracovníci musia používať pracovné pomôcky – masky s filtrom, havarijné obleky SUNNIT a vzduchové dýchacie prístroje.

Činnosť zodpovedného pracovníka pri výrone amoniaku

- Určiť hliadky vybavené potrebnými ochrannými pomôckami k zabezpečeniu zamoreného priestoru, aby nevstupovali cudzie osoby.
- Po oboznámení sa s rozsahom výronu, jeho miestom, určiť spôsob odstránenia havárie a riadiť činnosť zásahových pracovníkov.
- Zabezpečiť ochrannú výstroj pracovníkov zásahu – masky, vzduchové dýchacie prístroje a obleky SUNIT II.
- Oznámiť vznik havárie príslušným orgánom, v prípade potreby zavolať lekársku pomoc.
- Zabezpečiť informovanosť o havárii aj ostatné strediská organizácie a poskytnúť im potrebné inštrukcie pre ďalšiu činnosť.
- Odstavenie prívodu elektriny, plynu

Činnosť veliteľa požiarnej jednotky

- Na mieste si zistí od zodpovedného pracovníka informácie o výrone amoniaku, spôsobe odstraňovania havárie a vedeniach elektrického prúdu.
- Zaháji práce na likvidácii výronu amoniaku, prípadne aj záchranné práce pri vyslobodzovaní postihnutých osôb.
- V nutnom prípade oznámi požiarnemu útvaru rozsah výronu amoniaku a požiada záchrannú čatu o pomoc
- V prípade požiaru zabezpečí okrem vytvorenia vodnej clony, ochladzovanie nádrží s horľavými látkami

Činnosť na mieste úniku amoniaku

Čo najrýchlejšie dostať zo zamoreného priestoru osoby a dopraviť ich mimo zamorený priestor a poskytnúť prvú pomoc.

- Zapnutie havarijných ventilátorov na odvetranie zamoreného priestoru, prípadne vypnutím celej strojovne.
- Poplašným zariadením signalizovať výron amoniaku.
- Rýchle upovedomiť vedúceho, alebo majstra o výrone amoniaku.
- Likvidácia výronu amoniaku: pri likvidácii je stále zapnuté havarijné vetranie a pracovníci musia používať pracovné pomôcky – masky s filtrom, havarijné obleky SUNIT a vzduchové dýchacie prístroje.

Činnosť zodpovedného pracovníka pri výrone amoniaku

- Určiť hliadky vybavené potrebnými ochrannými pomôckami k zabezpečeniu zamoreného priestoru, aby nevstupovali cudzie osoby.
- Po oboznámení sa s rozsahom výronu, jeho miestom, určiť spôsob odstránenia havárie a riadiť činnosť zásahových pracovníkov.
- Zabezpečiť ochrannú výstroj pracovníkov zásahu – masky, vzduchové dýchacie prístroje a obleky SUNIT II.
- Oznámiť vznik havárie príslušným orgánom, v prípade potreby zavolať lekársku pomoc.
- Zabezpečiť informovanosť o havárii aj ostatné strediská organizácie a poskytnúť im potrebné inštrukcie pre ďalšiu činnosť.

Činnosť veliteľa požiarnej jednotky

- Na mieste si zistí od zodpovedného pracovníka informácie o výrone amoniaku, spôsobe odstraňovania havárie a vedeniach elektrického prúdu.
- Zahájí práce na likvidácii výronu amoniaku, prípadne aj záchranné práce pri vyslobodzovaní postihnutých osôb.
- V nutnom prípade oznámi požiarnemu útvaru rozsah výronu amoniaku a požiada záchrannú čatu o pomoc.

Činnosť strážnej služby

- Do knihy hlásení zapísať presný čas výronu amoniaku a meno oznamovateľa, upozorní zodpovedných pracovníkov firmy.
- Podľa veľkosti rozsahu a šírenia amoniaku upozorní susedné firmy na nebezpečie výronu.
- V prípade potreby privolá zdravotnícku pomoc, požiarnu pomoc ak je to nutné tak aj príslušníkov polície.
- Usmerňuje privolanú pomoc na určené miesta vzniknutej havárie.
- Je v súčinnosti so zodpovedným pracovníkom, ktorý riadi odstraňovanie havárie.

Postup pri havárii

- Pri výrone amoniaku z armatúr, potrubí, tlakových nádob a ďalších častí chladiaceho zariadenia je potrebné okamžite zapnúť havarijné ventilátory a spoľahlivo určiť miesto výronu amoniaku, aby sme mohli určiť patričné opatrenia na zamedzenie úniku amoniaku.
- Pri uzatváracích armatúrach je potrebné, aby práce vykonávali dvaja pracovníci, ktorí sú oblečení v ochranných kyselinovzdorných odevoch "SUNIT II" s použitím vzduchových dýchacích prístrojov "SATURN".

Ochranné pomôcky musia byť umiestnené na konci únikového východu alebo vo velíne, ktorý však musí mať dvere do voľného východu. Pri práci sa pracovníci navzájom zabezpečujú, aby nedošlo k úrazu. Pracovníci musia byť odborne a fyzicky spôsobilí vykonávať príslušné práce.

Pri výrone amoniaku v objekte strojovne je nutné vypnúť chod kompresorov havarijným "STOP" tlačidlom, ktoré je umiestnené pred vstupom do strojovne. Po vypnutí okamžite zapíname havarijné ventilátory. Pri odstraňovaní havárie sa riadime havarijným plánom, v ktorom sú obsiahnuté pokyny pre manipuláciu so zariadením pri havárii. Zároveň identifikujeme poškodenú časť a jej uzatvorenie pomocou schémy zariadenia s označením uzatváracích ventilov, ktorá musí byť na strojovni chladienia vyvesená.

Po ohlásení obsluha strojovne zisťuje miesto úniku amoniaku. Vykonáva uzatváranie ventilov najbližšie k úniku tak, aby sme miesto uzavreli a po odvetraní ho mohli opraviť. Spôsob opravy určuje vedúci strojovne, alebo odborný pracovník, prípadne privolaná servisná organizácia. Po odstránení havárie (oprave) je obsluha povinná dokonale skontrolovať príslušné opravované časti.

Pri úniku amoniaku z chladiarenských alebo mraziarenských komôr uzatvárame príslušné chladiče vzduchu a zapíname havarijné ventilátory.

Ak amoniak strieka a zasahuje aj ochranný oblek zasahujúceho pracovníka je potrebné polievať prúdom vody, čím dochádza k zníženiu agresivity amoniaku.

Vybavenie lekárničky prvej pomoci

Vinný ocot 8 %	100 gr
Bórová voda	
3 % roztok kyseliny boritej	200 gr
Sterilný parafínový olej	100 gr
Užívateľná sóda	
Kyselina citrónová	
2 % roztok vo fľaštičke	1 fľaštička
Fyziologický roztok	
zloženie	8,5 gr NaCl
	0,2 gr CaCl ₂
	0,1 gr Na HCO ₃ na 1000 gr vody /
	1 fľaštička
Vata	100 gr
Sterilný mul	1 m ²
Ovínadlo hydrofil. 10 x 10	1 ks
Ovínadlo elastické	
široké 8 až 10 cm	
dlhé 5 až 10 cm	5 ks
Masť alebo spray na popáleniny	1 ks
Opthal na preplach očí	1 ks

Tieto prostriedky musia byť používané pri poskytovaní prvej pomoci pri úraze / postriekaní / chladivom. Pri nedostatku ochranných masiek je možné na ústa priložiť šatku zvlhčenú 8 % octom.

Ďalej do vybavenia lekárničky patria ďalšie prostriedky pre ošetrovanie drobných poranení vzhľadom na prevádzku a rozsah prevádzaných prác pracovníkmi.

Pri lekárničke má byť tiež záznamník drobných poranení, kde sa zapisujú rôzne poranenia, kto ošetroval, ako k úrazu došlo a svedok úrazu.

Bezpečnostné opatrenia v strojovni

Bezpečnostne opatrenia v strojovniach predpisuje STN EN 378 1 až 4. Ochranné pomôcky

Ochranné pomôcky patria k veľmi potrebným zákrokom pri zvýšení nebezpečenstva v strojovni. Preto musíme dbať o ich bezchybný stav ich použiteľnosť a pohotovosť. Poskytovanie osobných ochranných pracovných prostriedkov odevov a obuvi pracovníkom strojovne

ochranný prostriedok	počet kusov	dobu používania / v mesiacoch /
Odev keprevý impregnovaný	1	12
Rukavice prstové kožené	1	oproti vráteniu poškodenej PP
Rukavice textilné s vložkou	1	-- " -- PP
Čižmy gumené	1	24
Topánky kožené	1	12
Ochranná maska s filtrom	1	PP
Vzduchový dýchací prístroj		najmenej pr obsadenie 1 smeny
Havarijný oblek Sunit II		-- " --
Oblek ochranný s otepľov. vložkou	1	36
Obuv kožená zimná	1	36
Čiapka ušianka pre zimné obdobie	1	36
Chránič sluchu	1	12
Ochranný štítok plexi	1	oproti vráteniu PP



Dýchací prístroj vzduchový



Maska celotvárová



Filter K2



Dielektrické rukavice
(voliteľné)



Ochranná zástera



Ochranné okuliare



Zváracie okuliare



Ochranný odev



Pracovná obuv



Ochranná helma
(ak je potrebná)



Pracovné rukavice



Ochranný proti kyselinový odev



Činnosť pri zásahu – vytvorenie vodnej sprchy

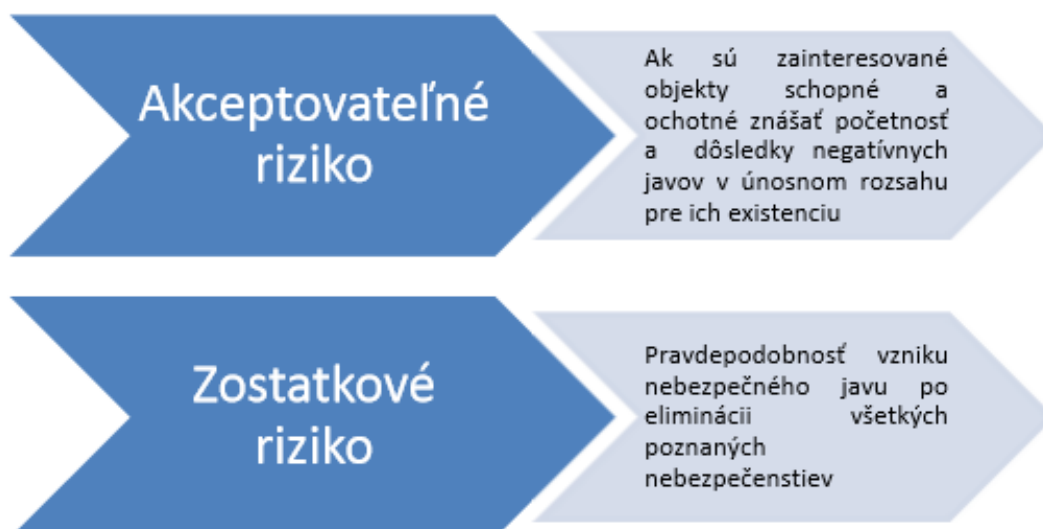
Dostupnosť ochranných pomôcok

Uvedené ochranné pomôcky majú prispieť k ochrane zdravia pracovníkov strojovne. Pridelené ochranné pomôcky sú pravidelne kontrolované a tiež sa vyžaduje ich používanie pri rôznych prácach v strojovni, príslušných chladených komorách a ďalších častiach zariadenia. Ochranné pomôcky je možné si objednávať podľa príslušného katalógu.

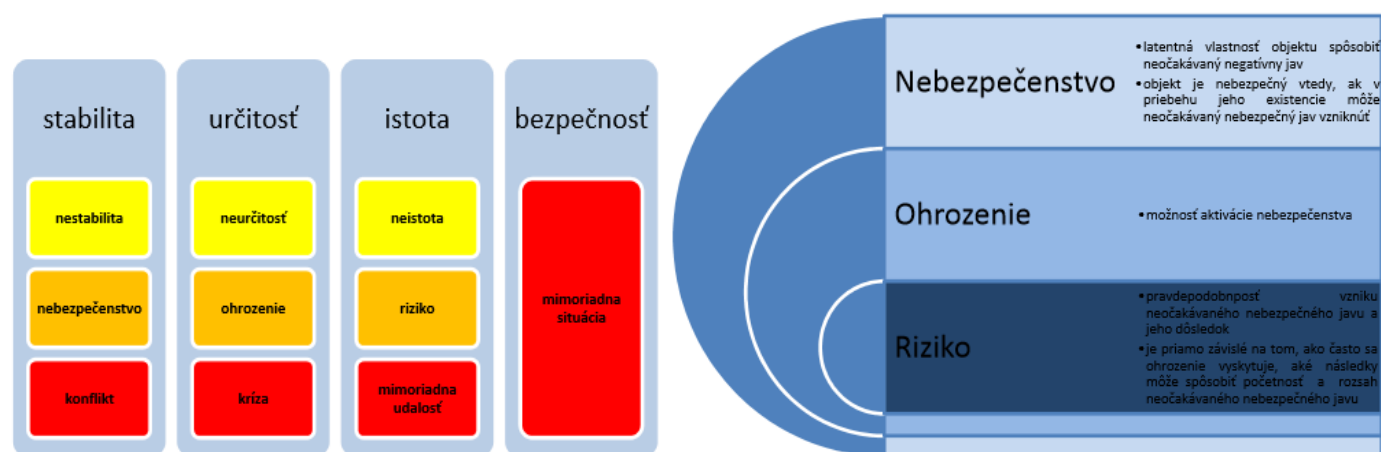
Vzduchové dýchacie prístroje sú značky SATURN, ktoré vyrába výrobca : MEVA Roudnice, Havarijný oblek “ SUNIT II” je dvojdielny celogumový odolávajúci tiež kyselinám a dokonale chráni proti postriekaniu tela chladiacou kvapalinou. Používa sa spolu s ochrannou maskou a filtrom.

Nebezpečenstvo, riziko, ohrozenie

Priemyselné riziká [10] môžeme rozdeliť na akceptovateľné a zostatkové podľa obrázku



Kategórie rizík a vzťah najdôležitejších rizík v krízovom manažmente vyjadrených pojmami nebezpečenstvo, ohrozenie a riziko je na nasledujúcich obrázkoch



17. Dohľad nad chladiacimi okruhmi

Pojem bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci (BOZP) charakterizuje stav pracovných podmienok, ktoré eliminujú vplyv nebezpečných a škodlivých faktorov. V slovenskej legislatíve sa bezpečnosťou a ochranou zdravia zamestnancov pri práci zaoberá zákon č. 154/2013 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a množstvo ďalších, špecificky zameraných legislatívnych predpisov. Medzi ne patrí aj vyhláška MPSVaR č. 508/2009 Z. z. o vyhradených technických zariadeniach [15].

Z histórie

V roku 1968 bol vydaný zákon č. 174/1968 Zb., ktorý stanovil štátny odborný dozor nad bezpečnosťou práce a vyhradenými technickými zariadeniami (VTZ), ktoré ohrozujú zvýšenou mierou zdravie a bezpečnosť osôb a majetku. Išlo o VTZ tlakové, plynové, zdvíhacie a elektrické. Takéto označenie sa zaviedlo a používalo vo vyhláškach Českej republiky (č. 18 – 21/1979 Sb.) a neskôr aj Slovenskej republiky (č. 74/1996 Z. z.). Slovensko sa však vydalo vlastnou cestou a zlúčilo všetky VTZ pod jednu vyhlášku. Vo vzťahu k tlakovým VTZ sa podstatné zmeny neurobili, vo vzťahu k plynovým VTZ sa urobila významná zmena, ktorá priniesla také povinnosti zamestnávateľov prevádzkujúcich okruhy s HFC chladičmi, ako keby boli v týchto okruhoch jedovaté, horľavé, žieravé či výbušné chladičy.

Chladiace okruhy sa v našich právnych normách zaraďovali od začiatku medzi VTZ tlakové. Medzi VTZ plynové sa zaraďovali len chladiace okruhy s nebezpečnými chladičmi. To sa zmenilo vyhláškou MPSVaR č. 508/2009 Z. z. (podľa výkladu z roku 2013 [3]), ktorou sa medzi VTZ plynové zaradili aj chladiace okruhy s ostatnými chladičmi.

V európskom kontexte platí smernica Rady č. 89/655/EHS z 30. novembra 1989 o minimálnych požiadavkách na bezpečnosť ochrany zdravia pri používaní pracovného zariadenia zamestnancami pri práci, ktorá používa pojem „pracovné zariadenia vytvárajúce špecifické riziká“, v Nemecku existuje napríklad zase pojem „zariadenia vyžadujúce dohľad“. Základom na posudzovanie BOZP sú pritom normy, aj keď krajiny môžu použiť aj sprísnené požiadavky na základe vlastných skúseností.

Slovenské vyhlášky na úseku BOZP boli vydávané v takejto postupnosti:

- rok 1982: vyhláška Slovenského úradu bezpečnosti práce č. 59/1982 Zb., ktorou sa určujú základné požiadavky na zaistenie bezpečnosti práce a technických zariadení. Termín VTZ sa ešte nepoužíval. Halogénované chladivá neboli zaradené medzi nebezpečné látky.
- rok 1990: vyhláška Slovenského úradu bezpečnosti práce č. 484/1990 Zb. – novelizovala vyhlášku č. 59/1982 Zb. bez zmien vo vzťahu k chladiacim okruhom.
- rok 1996: vyhláška Úradu bezpečnosti práce Slovenskej republiky č. 74/1996 Z. z. – zaviedol sa termín VTZ (vyhradené technické zariadenia).
- rok 2002: vyhláška MPSVaR č. 718/2002 Z. z. – na úseku VTZ bez zmien vo vzťahu ku chladiacim okruhom.
- rok 2009: vyhláška MPSVaR č. 508/2009 Z. z. – na úseku VTZ sa povinnosti zamestnávateľa z hľadiska dozoru treťou stranou dostávajú pri všetkých chladivách na rovnakú úroveň ako pri nebezpečných chladivách.

Súhrn k vyhláškam

Špecifickou bezpečnostnou skupinou sú najmä VTZ plynové, ktoré sú termínom používaným v Česku a na Slovensku. Na chladiacich okruhoch, v ktorých je primárnym rizikom tlak, sa požiadavky na dozor treťou stranou zvyšujú, ak je v tlakovom zariadení plyn horľavý, žieravý či výbušný, zaradený v zozname nebezpečných látok. V roku 2009 sa čiastočne prevzal systém Európskej únie na zaistenie BOZP, VTZ však zostali a všetky chladivá vo vyhláške MPSVaR č. 508/2009 Z. z. boli dané podľa neskoršieho výkladu [3] - na rovnakú úroveň z hľadiska povinností zamestnávateľa, odborného dozoru, projektantov.

Vyhláška č. 74/1996 Z. z.

V roku 1996 vstúpila do platnosti vyhláška Úradu bezpečnosti práce SR č. 74/1996 Z. z. s týmto znením § 2:

Technické zariadenia sa na účely tejto vyhlášky rozdeľujú z hľadiska miery ohrozenia na zariadenia s vyššou mierou ohrozenia (skupina A a B) a na zariadenia s nižšou mierou ohrozenia (skupina C). Rozdelenie týchto zariadení je uvedené v prílohe č. 1.

Technické zariadenia skupiny A a B sa považujú za vyhradené technické zariadenia.

V prílohe č. 1 časti IV. sa uviedlo rozdelenie plynových zariadení a ich zaradenie do skupín podľa miery ohrozenia:

Plynové zariadenia skupiny A sú zariadenia pracujúce s nebezpečnými plynmi určené na:

chladenie a mrazenie (chladiace okruhy) s množstvom plynu ako chladiva nad 25 kg.

Plynové zariadenia skupiny B sú zariadenia pracujúce s nebezpečnými plynmi určené na:

chladenie a mrazenie (chladiace okruhy) s množstvom plynu ako chladiva od 3 kg do 25 kg vrátane.

V zmysle poznámky uvedenej k prílohe č. 1 časti IV sa za nebezpečné plyny podľa tejto vyhlášky považujú:

- metán (zemný plyn, bioplyn, kalový plyn),
- skvapalnené vykurovacie plyny a plyny získané štiepením uhľovodíkov,
- vykurovacie plyny a plyny ochranných atmosfér obsahujúce oxid uhoľnatý,
- vodík, acetylén,
- oxid uhoľnatý,
- chlór,
- dusík,
- oxid uhličitý,
- kyslík,
- amoniak
- a iné horľavé, jedovaté alebo žieravé plyny alebo ich zmesi v takých množstvách alebo koncentráciách, ktorými môžu pri úniku zo zariadenia spôsobiť akútne ohrozenie života alebo zdravia osôb. Plynom sa rozumie látky alebo ich zmesi, ktoré sú v plynnom stave pri teplote 15 °C a pri tlaku 0,1 MPa.

Vzhľadom na túto poznámku HFC chladivá nespádali priamo medzi nebezpečné plyny, aj keď v zozname je napríklad dusík, aj metán. Od metánu, etánu sú potom odvodené halogénované CFC, HCFC a HFC chladivá. Vyhláška č. 718/2002 Z. z. – na úseku VTZ bola vydaná bez zmien vo vzťahu ku chladiacim okruhom.

Zmena od roku 2009 – vyhláška č. 508/2009 Z. z.

V tejto vyhláške sa znenie § 3 rozšírilo v dôsledku snahy prispôbiť sa právnym normám EÚ tak, že okrem nebezpečných látok uvedených v zákone o chemických látkach a prípravkoch č. 67/2010 Z. z., sa medzi nebezpečné plyny zaradili aj iné plyny a ich zmesi v takých množstvách a koncentráciách, ktoré môžu ohroziť život alebo zdravie ľudí.

V prílohe 1, časť IV, sa ponechalo taxatívne vymenovanie množstiev pre chladiace okruhy 3 a 25 kg, ale už bez vymenovania nebezpečných plynov, ktorých sa to týka. Málokto si vtedy zrejme uvedomil, čo takáto zmena môže priniesť a pravdepodobne si ju nikto nevysvetľoval tak, že tieto množstvá sa môžu rovnako týkať aj HFC chladív. Veď dovtedy sa používali len pri amoniaku a iných nebezpečných plynach. Aj keď vyhláška vstúpila do platnosti, táto zmena sa odstupom času implementuje v praxi problematicky vzhľadom na dlhodobé návyky a problémy s preškoľovaním obsluhy napriek súhlasu zamestnávateľov so zmenami vo vyhláške.

Zmena v zaradení chladív sa urobila podľa „tlakovej smernice“ PED transponovanej do našej legislatívy Nariadením vlády SR č. 576/2002 Z. z. v znení § 8, podľa ktorého sa tlakové zariadenie uvedené v § 4 ods. 1 zaraďuje podľa veľkosti rizika do kategórií uvedených v prílohe č. 2, pričom na účely zaradenia sa tekutiny v tlakovom zariadení rozdeľujú do:

5. skupiny, do ktorej sa zaraďujú nebezpečné tekutiny,
6. skupiny, do ktorej sa zaraďujú všetky ostatné tekutiny, ktoré nie sú uvedené v písmene a); sem sú zaradené HFC chladivá.

Je zrejmé, že právne normy PED a NV SR č. 576/2002 Z. z. robia rozdiel medzi povinnosťami podľa nebezpečnosti tekutín v tlakovom zariadení pri uvedení do prevádzky. Podľa vyhlášky MPSVaR č. 508/2009 Z. z. (ďalej len „vyhláška“) sa po uvedení chladiaceho okruhu do prevádzky zaradi okruh medzi VTZ plynové bez rozdielu povinností podľa nebezpečnosti chladív. Takéto zaradenie platí len na Slovensku a nie je zdôvodnené:

- o právnymi, technickými normami akceptovanými vo svete a/alebo v EÚ,
- o preukázaním tejto potreby podloženej štatistikou o skutočných udalostiach BOZP s HFC chladivami.

Nové zaradovanie nehorľavých, nejedovatých halogénovaných chladiacich látok

Bolo vysvetlené a uvedené do praxe v septembri 2013 podľa [3] bolo nečakávané pre všetkých účastníkov procesu navrhovania, inštalácie, prevádzky a vyradovania chladiacich zariadení. Povinnosti na úseku HFC chladív sa zaradili do jednej úrovne spolu s amoniakom, charakterizovaným ako nejedovatý. V článku [3] sa uviedol zámer uznávať zahraničným montážnym a servisným odborníkom kvalifikáciu podľa nariadenia č. 303/2008/ES, teda na F plyny, čím sa diskriminovali domáci odborníci. Neuviedla sa norma, podľa ktorej sa považujú požiadavky BOZP pri inštalácii a prevádzke chladiacich okruhov za splnené, ale hraničná hodnota poklesu kyslíka v prostredí do úrovne 19 obj. %. Na tento parameter však chýbala metodika prepočtu na koncentráciu v kg/m³, podľa ktorej vyplývajú z normy STN EN 378 1-4 bezpečnostné opatrenia. Zároveň sa podľa vyhlášky vyžaduje od zamestnávateľov vykonávanie úradných skúšok, odborných prehliadok a skúšok nielen na VTZ tlakové, ale aj VTZ plynové a tiež povinnosť získať pre zamestnancov preukaz na obsluhu VTZ plynových skupiny A1.

Realizácia v praxi

Realizátori a pracovníci pôsobiaci v servise a montáži chladiacich okruhov sa začali koncom roka 2013 na základe výkladu vyhlášky [3] intenzívnejšie pripravovať, aby sa dal naplniť uvedený problematický zámer tohto predpisu pre halogénované chladivá. Alternatívne chladivá, ktoré postupne nahrádzajú halogénované chladivá sú väčšinou horľavé a tak sa na rovnakosť prístupu bez ohľadu na nebezpečnosť a ohrozenie postupne prešlo.

Povinnosti zamestnávateľov pri halogénovaných chladivách sú tak na rovnakej úrovni ako napríklad pri amoniaku, ktorého intenzita nebezpečnosti zvýšenou koncentráciou je oproti chladivu R410A viac ako 1000 násobne vyššia. Zamestnávatelia zabezpečujú získanie preukazu pre zamestnancov na obsluhu.

Projektanti, montážne firmy, servisné firmy, prevádzkovatelia či zamestnávatelia potrebujú istotu, že chladiace, klimatizačné zariadenia a tepelné čerpadlá navrhujú, montujú a prevádzkujú bezpečne v zhode s technickými a právnymi normami. Hranica intenzity nebezpečnosti chladív je daná ich zaradením v zozname nebezpečných látok. Pri tých chladivách, ktoré nie sú nebezpečné, to znamená, že nie sú uvedené v zozname nebezpečných látok, v prípade chladiacich, klimatizačných zariadení a tepelných čerpadiel sú požiadavky na bezpečnosť spolu s medznými množstvami a koncentráciami, pri dodržaní ktorých nemôžu byť ohrozené život a zdravie ľudí, definované v STN EN 378 1-4. Medzné množstvá, koncentrácie a bezpečnostné opatrenia, pri dodržaní ktorých chladivá (iné plyny a ich

zmesi) nemôžu ohroziť život a zdravie ľudí, z technickej normy STN EN 378 1-4. Aj keď Európsky výbor pre normalizáciu vydal mnoho európskych noriem týkajúcich sa chladenia a zaviedol množstvo bežne zaužívaných technológií v rámci celej Európskej únie, zákony o ochrane zdravia a bezpečnosti sú vo všeobecnosti stále riadené na úrovni krajín, nie na úrovni Európy. Všeobecne hlavnou technickou normou je EN 378 1-4.

18. Základné normy a súvisiace predpisy na Slovensku

Normy na úseku chladív

ČSN 14 0646

Táto norma platila od roku 1975 do roku 2000 a vzťahovala sa na projektovanie, konštrukciu, výrobu, montáž a prevádzku chladiacich zariadení a tepelných čerpadiel, v ktorých sa vyparuje a kondenzuje chladivo v uzatvorenom okruhu. Uvádzali sa v nej normalizované stupne nebezpečenstva a kritériá na ich posúdenia podľa umiestnenia zariadení, spôsobu chladenia, druhu chladiva a veľkosti náplne chladiva.

STN EN 378 1-4

STN EN 378 1-4 bola schválená v roku 2000 a postupne nahradila ČSN 14 0646. V tejto európskej norme sa uvádzajú, podobne ako v ČSN 14 0646, požiadavky, ktoré sa týkajú bezpečnosti osôb a majetku. Vo všeobecnosti preberajú EN normy normatívne parametre z ISO noriem. Ak ide o nedatovaný odkaz, vždy sa použije posledné vydanie citovaného dokumentu vrátane všetkých zmien a opráv.

ISO/FDIS 817 a 5149 1-3

V ISO/FDIS 817 sa riešia označenie a bezpečnostná klasifikácia chladív. Táto norma je základom noriem ISO/FDIS 5149 1-3, v ktorých sú uvedené kritériá výberu, definície, bezpečnostné a environmentálne požiadavky pri návrhu, výrobe, skúškach, inštalácii, prevádzke a vyradení chladiacich zariadení a tepelných čerpadiel.

Normami ISO/FDIS 5149 1-3: 2014 sa postupne odstraňujú prekážky technológiám využívajúcim alternatívne chladivá, predovšetkým chladivá s nízkou horľavosťou, HFO a HFC uhľovodíky. Nebolo dovolené do roku 2016 používať horľavé chladivá napríklad v klimatizácii. Zmeny schválené v normách ISO/FDIS 817 a 5149 1-3: 2014 sa implementovali do normy EN 378 1-4 a schválili členskými krajinami CEN s pripomienkami hlasovaním do 19. 5. 2014. Vydanie noriem v CEN v roku 2017.

Bezpečnostné skupiny chladív

Roztriedenie chladív do bezpečnostných skupín má priamy vplyv na konštrukciu zariadení, výrobu, montáž a prevádzku chladiacich okruhov vo vzťahu k ich umiestneniu a pohybu ľudí.

Matrica systému klasifikácie bezpečnostnej skupiny podľa horľavosti a toxicity poskytovala v zmysle STN EN 378-1 šesť samostatných klasifikácií bezpečnostných skupín chladív. V roku 2017 ich je až osem (A1, A2, A2L, A3, B1, B2, B2L a B3). Osem klasifikácií vzniklo po rozšírení normy o bezpečnostné skupiny A2L a B2L.

Horľavosť	Bezpečnostná skupina	
	Toxicita	
	nižšia	vyššia
Nijaké šírenie plameňa	A1	B1
Horľavosť	A2	B2
Nižšia horľavosť*	A2L	B2L
Vyššia horľavosť	A3	B3

* nová skupina A2L, B2L: látky s rýchlosťou horenia nižšou ako <10 cm/s pri 23 °C a 101,3 kPa. Platnosť nových skupín od roku 2017.

Súhrn k normám

Všetky normy zamerané na BOZP od roku 1975 vnímajú halogénované chladivá rovnako, a to v bezpečnostnej skupine A1 ako nehorľavé chladivá s dusivým, narkotickým účinkom a v prípade horľavosti ich preraďujú do bezpečnostnej skupiny A2, respektíve A2L. Všetky uvedené normy stanovujú tzv. medzné koncentrácie, pri ktorých nemôže prísť vo vzťahu k danej náplni chladiva v okruhu k ohrozeniu života a zdravia ľudí vzhľadom na umiestnenie okruhu v danom priestore.

Ako jedna z mála profesií má definované požiadavky na odborné znalosti a zručnosti osôb v norme EN13313. Predpokladá sa, že podľa nej budú definované požiadavky na celosvetovo platný preukaz na prácu s chladivami

STN EN 13313 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá – odborné znalosti osôb

Chladiace zariadenia, ak nie sú správne navrhnuté, inštalované, prevádzkované a udržiavané, môžu byť nebezpečné pre zdravie a bezpečnosť osôb, bezpečnosť majetku, poškodiť životné prostredie a zvýšiť spotrebu energie.

Je preto dôležité, aby osoby pracujúce s takýmito zariadeniami mali odborné znalosti na vykonávanie činností alebo činností uvedených v tejto norme. Tieto činnosti pokrývajú určité oblasti, ktoré osoby môžu vykonávať a to od navrhovania zariadení po ich demontáž a zneškodnenie. Keďže popisy práce osôb sa môžu navzájom líšiť medzi krajinami a tiež medzi zamestnávateľmi, táto norma podrobne vymedzuje vykonávané činnosti. Popisy práce majú vymedziť tieto činnosti.

Norma ST EN 13313 rozlišuje štyri úrovne vedomostí v trinástich činnostiach na chladiacich okruhoch

1. **ZZ** základná úroveň znalostí (angl. basic appreciation level (BA)): úroveň odborných znalostí potrebná na rozhovor o prvkoch, zariadení, zručnostiach s inými osobami (ZZ)
2. **PZ** pracovná úroveň znalostí (angl. working knowledge level (WK)): úroveň odborných znalostí potrebná pre priame zapojenie sa do rozhodovania a činností (PZ)
3. **ÚZ** úplná úroveň znalostí (angl. fully operational level (FO)): úroveň odborných znalostí potrebná na osobné vykonanie väčšiny činností (ÚZ)
4. **VZ** vedúca úroveň znalostí (angl. leading edge level (LE)): úroveň odborných znalostí potrebná na významný vývoj v oblastiach vykonávaných činností (VZ)

STN EN 13313												
Návrh	Pred montáž	Inštalácia	Prvé spustenie	Uvedenie do prevádzky	Prevádzka	Kontrola pri údržbe	Kontrola úniku	Základná údržba	Údržba okruhu	Odstavenie	Odber chladiva	Demontáž

C. Príklad pre amoniak

Pre niektoré chladivá, existujú doplňujúce predpisy a požiadavky na odborné znalosti.

Táto informatívna príloha C poskytuje návod ako zmeniť hodnotiace schémy v prílohe A na schémy vhodné pre určité chladivá.

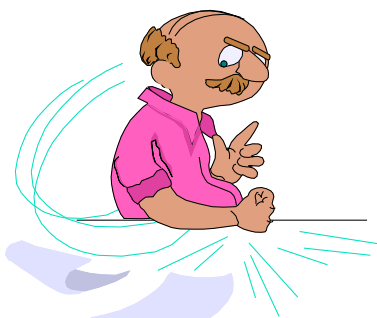
C.3 Vzťah ku požiadavkám na odborné znalosti osôb pracujúcich s chladiacimi zariadeniami s amoniakom ako chladivom

C.3 poskytuje informatívny príklad použitia STN EN 13313 vo vzťahu ku národným požiadavkám na osôb pracujúcich s chladiacimi zariadeniami s amoniakom ako chladivom.

Tento príklad vysvetľuje hodnotené znalosti osôb určených na vykonávanie nasledovných činností :

1. Prvé spustenie;
2. Uvedenie do prevádzky;
3. Prevádzka;
4. Kontrola pri údržbe;
5. Kontrola úniku;
6. Základná údržba;
7. Údržba okruhu;
8. Odstavenie z prevádzky;
9. Odber chladiva.

Nasledujúca schéma hodnotenia odborných znalostí pokrýva všetky činnosti patriace do popisu práce. Komisia odborníkov hodnotiaceho orgánu (podľa STN EN ISO/IEC 17024) musí odsúhlasiť hodnotené znalosti. Táto komisia môže rozhodnúť, ktoré znalosti sú povinné a ktoré voliteľné.



Tabuľka C.2 — NH₃ — Základná termodynamika

Základná termodynamika	Činnosti												
Popis činností pozri odsek 3 Termíny a definície	Návrh 3.8	Pred montáž 3.9	Inštalácia 3.10	Prvé spustenie 3.11	Uvedenie do prevádzky 3.12	Prevádzka 3.13	Kontrola pri údržbe 3.14	Kontrola úniku 3.15	Základná údržba 3.16	Údržba okruhu 3.17	Odstavenie 3.18	Odber chladiva 3.19	Demontáž 3.20
Hodnotenie znalostí													
Poznať SI jednotky, napríklad: teplotu, tlak, hmotnosť, hustotu, energiu	ÚZ	ZZ	ZZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	ZZ	PZ	ZZ	PZ	
Rozumieť základné pojmy chladenia, napríklad: prehriatie, entalpia, COP, podchladenie, kvalitu pary, nasýtené stavy	ÚZ		ZZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	ZZ	ÚZ	ZZ	PZ	
Popísať čiary Log p/h diagramu chladiwa	ÚZ		ZZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	
Používať tabuľky chladiwa	VZ		ZZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	
Kresliť schémy kompresorového chladiaceho cyklu	VZ		ZZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	
Rozumieť významu rôznych druhov tlakov (napríklad návrhový, meraný, tlak skúšky pevnosti a tesnosti)	ÚZ	ZZ	ZZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	ZZ	ÚZ	ZZ	ZZ	
NH ₃ činnosti technikov údržby a opráv													

 Tabuľka C.3 — NH₃ — Časti chladiaceho zariadenia

Časti chladiaceho okruhu	Činnosti												
Popis činností pozri odsek 3 Termíny a definície	Návrh 3.8	Pred montáž 3.9	Inštalácia 3.10	Prvé spustenie 3.11	Uvedenie do prevádzky 3.12	Prevádzka 3.13	Kontrola pri údržbe 3.14	Kontrola úniku 3.15	Základná údržba 3.16	Údržba okruhu 3.17	Odstavenie 3.18	Odber chladiva 3.19	Demontáž 3.20
Hodnotenie znalostí													
Chladiaci okruh (inštalácia)	VZ			ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	ZZ
Kompresor (napr. porovnanie)	ÚZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	ZZ
Mazací systém	ÚZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ
Riadenie výkonu	ÚZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ

Tlaková nádoba	ÚZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	ZZ
Kondenzátor	ÚZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	ZZ
Chladič plynu	ÚZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	ZZ
Zberač kvapaliny	ÚZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	ZZ
Odlučovač kvapaliny	ÚZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	ZZ
Výparník	ÚZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	ZZ
Odmrazovací systém výparníka	ÚZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	PZ	ZZ	ZZ
Expanzné zariadenia	ÚZ	PZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	ZZ
Pred montované časti	PZ		PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	
Skúška pevnosti (tlak)	VZ	ZZ		ÚZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	PZ	PZ	ZZ	
Kontrola úniku (tlaková skúška tesnosti)	ÚZ	ZZ		ÚZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	PZ	ZZ	
Vákuovanie vlhkosti a nekondenzovateľných plynov	ZZ	ZZ		ÚZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	PZ	ZZ	
Vákuová skúška	ZZ	ZZ		ÚZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	PZ	ZZ	
Určenie potrebnej náplne chladiva	VZ	ZZ	PZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	
Naplnenie zariadenia chladivom	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	PZ	ZZ	
Kontrola náplne vrátane kontroly úniku chladiva	ZZ			ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	ZZ
Vyplnenie všetkých právom vyžadovaných dokumentov a certifikátov	ZZ		ZZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ

NH₃ činnosti technikov údržby a opráv

Tabuľka C.4 — NH₃ — Potrubia, spoje, ventily

Potrubia, spoje, ventily	Činnosti												
Popis činností pozri odsek 3 Termíny a definície	Návrh 3.8	Pred montáž 3.9	Inštalácia 3.10	Prvé spustenie 3.11	Uvedenie do prevádzky 3.12	Prevádzka 3.13	Kontrola pri údržbe 3.14	Kontrola úniku 3.15	Základná údržba 3.16	Údržba okruhu 3.17	Odstavenie 3.18	Odber chladiva 3.19	Demontáž 3.20
Hodnotenie znalostí													
Potrubia	ÚZ			PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	ZZ	
Spoje	ÚZ			PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	
Ventily	ÚZ			ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	

Tepelná izolácia	ÚZ			PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	
Podporné systémy potrubí	ÚZ			PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	
NH ₃ činnosti technikov údržby a opráv												

Tabuľka C.5 — NH₃ — Bezpečnostné príslušenstvo

Bezpečnostné príslušenstvo ^{a)}	Činnosti												
Popis činností pozri odsek 3 Termíny a definície	Návrh 3.8	Pred montáž 3.9	Inštalácia 3.10	Prvé spustenie 3.11	Uvedenie do prevádzky 3.12	Prevádzka 3.13	Kontrola pri údržbe 3.14	Kontrola úniku 3.15	Základná údržba 3.16	Údržba okruhu 3.17	Odstavenie 3.18	Odber chladiva 3.19	Demontáž 3.20
Hodnotenie znalostí													
Tlak uvoľňujúce zariadenie	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Tlak uvoľňujúci ventil	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Prietržná membrána	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Tavná zátka	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Obmedzovač teploty	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Typovo schválený obmedzovač teploty	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Bezpečnostné spínacie zariadenie na obmedzenie tlaku	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Typovo schválený obmedzovač tlaku	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Typovo schválený tlakový istič	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Typovo schválený bezpečnostný tlakový istič	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Viaccestné istiace zariadenie	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Detektor chladiva	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Prepúšťací ventil	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Ochranné zariadenie proti rázom	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Istič hladiny kvapaliny	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	ZZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Samozatvárací ventil	ÚZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
^{a)} definície v súlade s STN EN 378													
				NH ₃ činnosti technikov údržby a opráv									

Tabuľka C.6 — NH₃ — Látky

Látky ^{a)}	Činnosti												
Popis činností pozri odsek 3 Termíny a definície	Návrh 3.8	Pred montáž 3.9	Inštalácia 3.10	Prvé spustenie 3.11	Uvedenie do prevádzky 3.12	Prevádzka 3.13	Kontrola pri údržbe 3.14	Kontrola úniku 3.15	Základná údržba 3.16	Údržba okruhu 3.17	Odstavenie 3.18	Odber chladiva 3.19	Demontáž 3.20
Hodnotenie znalostí													
Chladivá	ÚZ	ZZ		ÚZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	PZ	ÚZ	ZZ
Teplonosné látky	ÚZ		ZZ	PZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	PZ	ZZ	PZ	
Toxicita	ÚZ			PZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	PZ			
Horľavosť	ÚZ			PZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	PZ			
Frakčná destilácia	ÚZ		ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	
Kvalita chladiva	ÚZ		PZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	ZZ	ÚZ	
Odber	ÚZ		ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	ZZ	ÚZ	
Recyklácia	ÚZ		ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	ZZ	ÚZ	
Regenerácia	ZZ		ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	
Zneškodnenie	ÚZ			ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	ZZ	ÚZ	
Bod varu/kondenzácie	ÚZ		ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	
Teplota samovznietenia látky	ÚZ		ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	
^{a)} definície v súlade s STN EN 378													
				NH ₃ činnosti technikov údržby a opráv									

Tabuľka C.7 — NH₃ — Komunikácia

Komunikácia	Činnosti												
Popis činností pozri odsek 3 Termíny a definície	Návrh 3.8	Pred montáž 3.9	Inštalácia 3.10	Prvé spustenie 3.11	Uvedenie do prevádzky 3.12	Prevádzka 3.13	Kontrola pri údržbe 3.14	Kontrola úniku 3.15	Základná údržba 3.16	Údržba okruhu 3.17	Odstavenie 3.18	Odber chladiva 3.19	Demontáž 3.20
Hodnotenie znalostí													
Dohodnúť stretnutie so zákazníkom				PZ	ÚZ	ÚZ	ZZ	ÚZ	ZZ	ÚZ	PZ	PZ	
Správne informovať zákazníka o činnosti chladiaceho zariadenia				PZ	ÚZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	PZ	PZ	

Zvážiť zákazníkove prania				ÚZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	PZ	PZ	PZ	
Napísať správu o činnosti jednej alebo viac častí zariadenia				ÚZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	PZ	PZ	PZ	
Poradiť zákazníkovi o potrebe vykonať opravu jednej alebo viac častí zariadenia				ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	
Poradiť zákazníkovi o potrebe nahradiť jednu alebo viac častí zariadenia				ZZ	ZZ	ZZ	ZZ	ÚZ	ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	
Poradiť zákazníkovi plánovanie údržby				ZZ	ZZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Poradiť zákazníkovi úspory energie				ZZ	ZZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	
Oboznámiť zákazníka s ochranou životného prostredia				ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	
Poradiť zákazníkovi bezpečnostné opatrenia				ÚZ	ÚZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	
Spracovať sťažnosti zákazníka				ZZ	ZZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	
Poradiť zákazníkovi odstavenie chladiaceho zariadenia				ZZ	ZZ	PZ	PZ	PZ	PZ	ÚZ	PZ	PZ	
Vysvetliť zákazníkovi pracovné postupy				ÚZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ÚZ	ZZ	PZ	PZ	PZ	
Vysvetliť zákazníkovi obsah správy				ÚZ	ÚZ	ZZ	ZZ	ÚZ	ZZ	PZ	PZ	PZ	
NH ₃ činnosti technikov údržby a opráv													

Metódy hodnotenia odborných znalostí

Všeobecne platí, že ak neexistujú národné právne normy na schémy hodnotenia a osvedčenia odborných znalostí, nasledujúce metódy majú byť použité. Všetky osoby, ktoré úspešne preukázali oprávnenej organizácii ich praktické a teoretické odborné majú dostať osvedčenie o odborných znalostiach.

Tabuľky

Predchádzajúce tabuľky uvádzajú oblasti a predmety, ktoré je potrebné hodnotiť, aby sa preukázali odborné znalosti. Horný riadok každej tabuľky uvádza činnosti, ktoré majú byť hodnotené. Ľavý stĺpec každej tabuľky uvádza predmety, ktoré majú byť hodnotené. V bunkách tabuľky je uvedená úroveň odborných znalostí podľa (ZZ), (PZ), (ÚZ) a (VZ). V bunkách bez uvedenej úrovne odborných znalostí sa hodnotenie nevyžaduje. Teoretické hodnotenie v tabuľkách je v netienených bunkách a praktické hodnotenie v tienенých bunkách

Typ hodnotenia

1. Teoretické vedomosti o predmete činnosti sa preukazujú bez preukazovania schopnosti praktických zručností.
2. Hodnotenie má byť písomnou alebo ústnou skúškou.
3. Praktické zručnosti sa preukazujú schopnosťou vykonať predmet hodnotenej činnosti.

19. Bezpečnostno - technické požiadavky na Slovensku

1. Zákon č. 124/2006 Z.z., o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
2. Vyhláška MPSaR SR č. 508/2009 Z. z., ktorou sa určujú základné požiadavky na zaistenie bezpečnosti práce pre tlakové, zdvíhacie, elektrické a plynové technické zariadenia.
3. STN EN 378-1 +A2 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia. Časť 1 : Základné požiadavky, definície, klasifikácia a kritéria výberu
4. STN EN 378-2 +A2 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia. Časť 2 : Návrh, konštrukcia, skúšanie, označovanie a dokumentácia
5. STN EN 378-3 +A1 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia. Časť 3 : Miesto inštalácie a ochrana personálu
6. STN EN 378-4 +A1 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia. Časť 4 : Prevádzka, údržba, oprava a regenerácia
7. STN ISO 5149 – Mechanické chladiace zariadenia používané pre chladenie a ohrev- Požiadavky bezpečnosti
8. STN 690012 - Obsluha tlakových nádob
9. STN 13 0072 - Označenie potrubí podľa pracovnej tekutiny.
10. Dodržiavať pri inštalácii a rekonštrukcii chladiacich zariadení na mieste prevádzky :
11. Vyhláška č. 147/2013 Z.z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri stavebných prácach a prácach s nimi súvisiacich a podrobnosti o odbornej spôsobilosti na výkon niektorých pracovných činností .
12. STN EN 287-1 Zváranie, skúšky zvaračov, tavné zváranie – časť 1

Zákon č. 124/2006 Z.z., o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Tento zákon ustanovuje všeobecné zásady prevencie a základné podmienky na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a na vylúčenie rizík a faktorov podmieňujúcich vznik pracovných úrazov, chorôb z povolania a iných poškodení zdravia z práce.

§ 16

Preukaz, osvedčenie a doklad

1. Fyzická osoba môže obsluhovať určený pracovný prostriedok a vykonávať určené pracovné činnosti ustanovené právnymi predpismi na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci pri jeho prevádzke len na základe
 - a. platného preukazu na vykonávanie činnosti (ďalej len "preukaz") alebo platného osvedčenia na vykonávanie činnosti (ďalej len "osvedčenie") vydaného
 - b. príslušným inšpektorátom práce, ak ide o činnosť uvedenú v prílohe č. 1a písm. a) až g), i) až k) a m),

2. osobou oprávnenou na výchovu a vzdelávanie, ak ide o činnosť uvedenú v prílohe č. 1a písm. h), l), n) až p) a t),
 - a. strednou školou alebo vysokou školou pri príprave žiakov a študentov na výkon povolania, ak ide o činnosť uvedenú v prílohe č. 1a písm. h), l), n) až p) a t),
 - b. dokladu o absolvovaní výchovy a vzdelávania osôb na obsluhu vydaného osobou oprávnenou na výchovu a vzdelávanie, ak ide o činnosť uvedenú v prílohe č. 1a písm. q) až s), alebo
 - c. dokladu o overení odborných vedomostí vydaného revíznym technikom, ak to ustanovujú právne predpisy na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci.
3. Podmienkou na vydanie preukazu, osvedčenia alebo dokladu podľa odseku 1 písm. b) je
 - a. vek najmenej 18 rokov, ak právne predpisy na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci neustanovujú inak,
 - b. vzdelanie a prax podľa právnych predpisov na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci,
 - c. absolvovanie odbornej prípravy v rozsahu ustanovenom právnymi predpismi na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci,
 - d. overenie odborných vedomostí.
4. Preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b) sa vydáva na základe písomnej žiadosti, v ktorej fyzická osoba uvedie meno, priezvisko, dátum narodenia, adresu trvalého pobytu a činnosť, na ktorú žiada vydať preukaz, osvedčenie alebo doklad. Fyzická osoba k žiadosti priloží doklady, ktorými preukáže splnenie podmienok podľa odseku 2 písm. a) až c).
5. Preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b) sa vydáva na neurčitý čas. V preukaze, osvedčení alebo doklade podľa odseku 1 písm. b) sa uvedie
 - a. názov a sídlo inšpektorátu práce, osoby oprávnenej na výchovu a vzdelávanie alebo strednej školy, alebo vysokej školy, ktorí vydali preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b); osoba oprávnená na výchovu a vzdelávanie uvedie aj evidenčné číslo jej oprávnenia,
 - b. evidenčné číslo preukazu, osvedčenia alebo dokladu podľa odseku 1 písm. b),
 - c. ustanovenie všeobecne záväzného právneho predpisu, podľa ktorého sa vydáva preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b),
 - d. činnosť, na ktorú sa preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b) vydáva, a podľa potreby aj rozsah činnosti,
 - e. meno, priezvisko, dátum narodenia a adresa trvalého pobytu fyzickej osoby, ktorej sa preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b) vydáva,
 - f. dátum vykonania záverečnej skúšky,
 - g. dátum a miesto vydania preukazu, osvedčenia alebo dokladu podľa odseku 1 písm. b),
 - h. odtlačok pečiatky a meno, priezvisko a podpis zástupcu inšpektorátu práce alebo fyzickej osoby alebo zástupcu právnickej osoby, ktorí vydali preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b).
6. Fyzická osoba, ktorá má preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b), je povinná do piatich rokov odo dňa vydania preukazu, osvedčenia alebo dokladu podľa odseku 1 písm. b) absolvovať aktualizáciu odbornú prípravu u osoby oprávnenej na výchovu a vzdelávanie. Ďalšiu aktualizáciu odbornú prípravu je fyzická osoba, ktorá má preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b), povinná absolvovať do piatich rokov odo dňa ukončenia predchádzajúcej aktualizácie odbornej prípravy. Osoba oprávnená na

výchovu a vzdelávanie uvedie v preukaze, osvedčení alebo doklade podľa odseku 1 písm. b) dátum ukončenia aktualizačnej odbornej prípravy.

7. Fyzická osoba, ktorá má preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b), je povinná vo svojej odbornej činnosti dodržiavať právne predpisy a ostatné predpisy na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci.
8. Ak fyzická osoba, ktorá má preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b), vo svojej odbornej činnosti závažným spôsobom alebo opakovane koná v rozpore s právnymi predpismi a ostatnými predpismi na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, príslušný inšpektorát práce jej odoberie preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b). Fyzická osoba, ktorej bol odobratý preukaz alebo osvedčenie, môže opätovne požiadať o ich vydanie najskôr po uplynutí jedného roka odo dňa nadobudnutia právoplatnosti rozhodnutia o ich odobratí.
9. Preukaz, osvedčenie alebo doklad podľa odseku 1 písm. b) stráca platnosť nadobudnutím právoplatnosti rozhodnutia o odobratí podľa odseku 10, ak fyzická osoba neabsolvovala aktualizačnú odbornú prípravu.

Príloha č. 1a

k zákonu č. 124/2006 Z. z.

ČINNOSTI, KTORÉ MÔŽE FYZICKÁ OSOBA VYKONÁVAŤ LEN NA ZÁKLADE PLATNÉHO PREUKAZU, OSVEDČENIA ALEBO DOKLADU PODĽA § 16 ods. 1 písm. b)

Fyzická osoba môže len na základe platného preukazu, osvedčenia alebo dokladu podľa § 16 ods. 1 písm. b) vykonávať činnosť

- a) revízneho technika vyhradených technických zariadení tlakových,
- b) osoby na obsluhu kotla I. až V. triedy,
- c) osoby na opravu kotla I. až V. triedy a na opravu potrubného vedenia s médiom para, horúca voda alebo vzduch,
- d) revízneho technika vyhradených technických zariadení zdvíhacích,
- e) osoby na obsluhu mobilného žeriava výložníkového typu a vežového žeriava výložníkového typu,
- f) osoby na obsluhu pohyblivej pracovnej plošiny na podvozku s motorovým pohonom, ktorá je určená na prevádzku na pozemných komunikáciách, a s výškou zdvihu nad 1, 5 m,
- g) osoby na opravu osobného výťahu a nákladného výťahu s povolenou dopravou osôb,
- h) viazača bremien,
- i) revízneho technika vyhradených technických zariadení plynových,
- j) osoby na obsluhu vyhradených technických zariadení plynových s vysokou mierou ohrozenia (skupina A) pracujúcich s nebezpečnými plynmi okrem zariadení určených na zásobovanie plynom z kovových tlakových nádob stabilných alebo z kovových tlakových nádob na dopravu plynov (tlakové stanice) a zariadení určených na rozvod plynov,
- k) osoby na opravu vyhradených technických zariadení plynových s vysokou mierou ohrozenia (skupina A) pracujúcich s nebezpečnými plynmi,
- l) elektrotechnika, samostatného elektrotechnika a elektrotechnika na riadenie činností alebo na riadenie prevádzky na vyhradených technických zariadeniach elektrických,
- m) revízneho technika vyhradených technických zariadení elektrických,
- n) osoby na obsluhu motorových vozíkov,

- o) osoby pracujúcej vo výške 1, 5 m a viac nad povrchom zeme pomocou špeciálnej horolezeckej a speleologickej techniky,
- p) osoby na montáž a demontáž lešenia (lešenár),
- q) osoby na obsluhu vybraných stavebných strojov a zariadení

Vyhláška MPSaR SR č. 508/2009 Z. z., ktorou sa určujú základné požiadavky na zaistenie bezpečnosti práce pre tlakové, zdvíhacie, elektrické a plynové technické zariadenia.

Ministerstva práce, sociálnych vecí a rodiny Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú podrobnosti na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci s technickými zariadeniami tlakovými, zdvíhacími, elektrickými a plynovými a ktorou sa ustanovujú technické zariadenia, ktoré sa považujú za vyhradené technické zariadenia

- Vyhradené technické zariadenia : **tlakové – plynové – zdvíhacie - elektrické**
- Každá časť je delená na skupiny A, B, C
- Zariadenia patriace do skupiny **A+B sú VTZ**
- **Preukaz** - obsluha chladiacich zariadení – vydáva IP po preskúšaní OPO, a školení oprávnenou osobou na výchovu a vzdelávanie podľa §16 č.124/2006 Z. z.
- **Osvedčenie** - pracovník na opravy, revízny technik
- **Oprávnenie** - firmy - pre montáž a opravy chladiacich zariadení a tlakových nádob
- **Revízie** - 1 x za rok
- **Úradne skúšky** - 1 x za 10 rokov
- **Overovanie konštrukčnej dokumentácie** – montáž, opravy, rekonštrukcie
- Kontrolu chladiacich zariadení, úradné skúšky, preskúšanie obsluhy, revíznych technikov a firiem riadi a vykonáva **OPO**

Oprávnená právnická osoba - Technická inšpekcia, TUV SUD Slovakia, Technický skúšobný ústav Piešťany, E.I.C. Engineering inspection company

Technická dokumentácia - montáž

§ 5

(1) Požiadavky na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci vrátane požiadaviek na zaistenie bezpečnosti vyhradených technických zariadení určuje technická dokumentácia, ktorou je **konštrukčná technická dokumentácia alebo projektová dokumentácia**

(1) Pri výrobe, montáži, rekonštrukcii alebo oprave technického zariadenia sa bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci zabezpečí najmä

- a) organizačnou štruktúrou, určením postupov a procesov potrebných na zaistenie bezpečnosti technických zariadení,
- b) vykonávaním prác odborne spôsobilými osobami, aby zariadenie zhotovovali osoby s príslušnou odbornou spôsobilosťou,
- c) používaním základných materiálov a prídavných materiálov s príslušnou dokumentáciou pri zhotovovaní nerozoberateľných spojov,
- d) vykonaním kontroly stavu bezpečnosti technického zariadenia

Typová skúška

§ 10

1. Vyhradené technické zariadenie, pri ktorom sa predpokladá sériová **výroba desiatich a viacerých kusov** rovnakého vyhotovenia, sa podrobí typovej skúške, ktorou sa overuje, či zodpovedá konštrukčnej dokumentácii typu, ku ktorej bolo vydané odborné stanovisko k dokumentácii. Ak sa typovou skúškou preukáže zhoda vyhradeného technického zariadenia s konštrukčnou dokumentáciou typu, ku ktorej bolo vydané odborné stanovisko k dokumentácii, oprávnená právnická osoba vydá podľa § 14 ods. 1 písm. b) zákona osvedčenie o typovej skúške.

Úradné skúšky

§ 12

Úradná skúška a opakovaná úradná skúška

1. Úradná skúška sa vykoná pred uvedením technického zariadenia do prevádzky na vyhradenom technickom zariadení skupiny Ai a aj po ukončení opravy tlakového celku zváraním. Úradnou skúškou sa overuje, či vyhradené technické zariadenie podľa prvej vety, ktoré nebolo uvedené do prevádzky podľa osobitného predpisu, je spôsobilé na bezpečnú prevádzku vrátane jeho bezpečnej obsluhy, a či zodpovedá konštrukčnej dokumentácii, ku ktorej bolo vydané odborné stanovisko k dokumentácii.

Odborná prehliadka a skúška

§ 13

Odborná prehliadka a odborná skúška

1. Odbornou prehliadkou a odbornou skúškou sa kontroluje stav bezpečnosti vyhradeného technického zariadenia po ukončení výroby, montáže, inštalácie na mieste budúcej prevádzky, rekonštrukcie a opravy a počas jeho prevádzky. Odborná prehliadka a odborná skúška sa vykonáva v rozsahu a v lehotách podľa príloh č. 5 až 10 a podľa bezpečnostnotechnických požiadaviek.
2. Odbornú prehliadku a odbornú skúšku nahrádza úradná skúška alebo opakovaná úradná skúška, ktorá bola vykonaná v rovnakej lehote. Dňom vykonania úradnej skúšky alebo opakovanej úradnej skúšky začínajú plynúť lehoty nasledujúcich odborných prehliadok a odborných skúšok.

§ 15

Odborná spôsobilosť

1. Odborná spôsobilosť na obsluhu vyhradeného technického zariadenia podľa § 17 ods. 1 a 2 sa preukazuje **preukazom** na vykonávanie činnosti odborná spôsobilosť na vykonávanie činností podľa § 16 ods. 1, § 18 ods. 1 a § 19 písm. b) a) až e) sa preukazuje **osvedčením** na vykonávanie činnosti
2. Odborné vedomosti osoby na obsluhu vyhradeného technického zariadenia podľa § 17 ods. 1 overuje oprávnená právnická osoba a preukaz jej vydáva príslušný inšpektorát práce. **Školenie** vykonáva fyzická osoba alebo právnická osoba, ktorá má oprávnenie podľa § 27 ods. 3 zákona (ďalej len „osoba oprávnená na výchovu a vzdelávanie“).
3. Odborné vedomosti na vykonávanie činností podľa § 16 ods. 1, § 18 ods. 1 a § 24 overuje oprávnená právnická osoba a osvedčenie vydáva príslušný inšpektorát práce.8b)

Revízny technik

§ 16

1. Revízny technik je fyzická osoba, ktorá má odborné vzdelanie a odbornú prax uvedené v prílohe č. 11 a ktorá v rozsahu vydaného osvedčenia môže
 - a) **vykonávať odbornú prehliadku a odbornú skúšku podľa vypracovaného pracovného postupu a v súlade s právnymi predpismi**
 - b) **zaškoľovať osobu na obsluhu vyhradeného technického zariadenia určeného bezpečnostnotechnickými požiadavkami, ktoré nie je uvedené v § 17 ods. 1,**
 - c) **overovať odborné vedomosti osoby na obsluhu vyhradeného technického zariadenia, vyhotovovať o tom písomný doklad.**
2. O výsledku odbornej prehliadky a odbornej skúšky sa vyhotoví správa,

Výbava revízneho technika podľa vyhlášky č. 182/2013 Z.z.

- a) **meranie tlaku** – súprava tlakomerov vrátane diferenciálnych tlakomerov a tlaková pumpa,
- b) **meranie teploty** – bezkontaktný teplomer,
- c) **meranie zloženia spalín** – analyzátor plynu,
- d) **meranie únikov plynu** vo vnútorných priestoroch
- e) **z plynovodov** – detektory plynov na stanovenie výskytu a koncentrácie metánu, oxidu uhličitého a oxidu uhoľnatého,
- f) **meranie hrúbky materiálu** – ultrazvukový hrúbkometer,
- g) **meranie tvrdosti materiálu** – tvrdomer,
- h) **nedeštruktívnu kontrolu zvarov** povrchovými metódami – mierky, lupa, svietidlo s dostatočnou intenzitou a penetranty.

Obsluha chladiacich zariadení

Obsluha vyhradeného technického zariadenia

1. Obsluhovať vyhradené technické zariadenie môže len osoba na obsluhu, ktorá má **platný preukaz**, ak ide o
 - a. technické zariadenie **plynové skupiny Ai - Chladenie a mrazenie** - okrem technického zariadenia plynového uvedeného v prílohe č. 1 IV. časti skupine A písm. d) a g).
2. Obsluhovať vyhradené technické zariadenie určené bezpečnostnotechnickými požiadavkami, ktoré
 - a. nie je uvedené v odseku 1 napríklad **Tlakové nádoby**, môže osoba na obsluhu vyhradeného technického zariadenia, ktorá má **písomný doklad** o overení odborných vedomostí vyhotovený revíznym technikom;

Oprava, rekonštrukcia a montáž

- (1) **Opravovať a rekonštruovať** vyhradené technické zariadenie a montovať vyhradené technické zariadenie do funkčného celku na mieste jeho budúcej prevádzky, riadiť práce pri tejto oprave, rekonštrukcii alebo montáži a vykonať po ukončení opravy prehliadku a skúšku opravovanej časti vyhradeného technického zariadenia uskutočnenej výmenou opotrebovaných častí za nové s výnimkou zásahu do bezpečnostných zariadení a s výnimkou ustanovenou bezpečnostnotechnickými požiadavkami môže len **osoba na opravu**, ktorá má platné osvedčenie, ak ide o
- a. parný a kvapalinový kotol I. až V. triedy,
 - b. potrubné vedenie uvedené v prílohe č. 1 I. časti skupine A písm. e),
 - c. osobný a nákladný výťah s povolenou dopravou osôb skupiny A,
 - d. **technické zariadenie plynové skupiny A.** / chladenie a mrazenie Ai, Bi /

Prehliadky a skúšky chladiacich okruhov pred uvedením do prevádzky

Skupina	Výroba			Uvedenie do prevádzky		
	Odborné stanovisko ku dokumentácii	Typová výroba		Kusová výroba	Úradná skúška	Odborná prehliadka alebo skúška
		Typová skúška	Skúška ďalších kusov	Montážna skúška		
Ai	OPO	OPO	OV / RT	OV / RT	OPO	X
Bi	OPO	OPO	OV / RT	OV / RT	X	RT

OPO – oprávnená právnická osoba

RT - revízný technik

O - prevádzkovateľom určená osoba

r - roky

TPV - podľa technických podmienok výrobcu

X - nevyžaduje sa

Prehliadky a skúšky chladiacich zariadení počas prevádzky

Skupina	Prevádzka			
	Opakovaná úradná skúška	Skúška po oprave	Odborná prehliadka	Odborná skúška
Ai	OPO / 10r	RT / OPO	RT / 1r	RT / 5r
Bi	X	RT	O / TPV	TPV

Technické zariadenia tlakové skupiny A b1,b2, B b1,b2 podľa druhu sú:

A. 1.

1. **neobsahujú nebezpečné plyny, pary alebo kvapaliny** s teplotou vyššou, ako je ich bod varu pri tlaku 0,2 MPa, **s objemom nad 10 litrov** a ktorej súčin objemu technického zariadenia tlakového v litroch a najvyššieho pracovného tlaku¹²⁾ v MPa (ďalej len „bezpečnostný súčin“) je väčší ako 20 (MPa.liter (200 bar.liter));
2. **obsahujú nebezpečné plyny alebo nebezpečné kvapaliny** pri akejkoľvek teplote, ktorej najvyšší dovolený tlak je vyšší ako 0,05 MPa, **s objemom nad 1 liter**, a ktorej bezpečnostný súčin je väčší ako 5 MPa.liter (50 bar.liter),

B.1.

1. **neobsahujú nie nebezpečné plyny, pary alebo kvapaliny** s teplotou vyššou, ako je ich bod varu pri tlaku 0,05 MPa, s objemom nad 1 liter a ktorých bezpečnostný súčin je **väčší ako 5** (50);
2. **obsahujú nebezpečné plyny alebo nebezpečné kvapaliny** pri akejkoľvek teplote, ktorých najvyšší dovolený tlak je vyšší ako 0,05 MPa, s objemom nad 1 liter a ktorých bezpečnostný súčin je **väčší ako 2,5** MPa.liter (25 bar.liter),

Revízie tlakových zariadení podľa Vyhl. č. 508/2009 Z. z.

zariadení skupiny A b2 a B b2

Skupina	Stavebná a 1. Úradná skúška	Opakovaná úradná skúška	Skúška po opravách	Odborné prehliadky a odborné skúšky			
				Prvá vonkajšia prehliadka	Opakovaná vonkajšia prehliadka	Vnútoraná prehliadka	Tlaková skúška
Ab	OPO	OPO/10r	OPO	X	RT/1r	RT/5r	RT/10r
Bb	X	X	RT	RT	RT/1r	RT/5r	RT/10r

Druhy prehliadok tlakových nádob všeobecne

STN 69 0012 z roku 2014 platí všeobecne pre všetky tlakové nádoby aj pre nádoby, ktoré obsahujú nebezpečné látky. Pre tlakové nádoby v chladiacich okruhoch sa používa norma STN EN 378 časti 1-4 ktorá je určená pre bezpečnosť chladiacich zariadení a tepelných čerpadel. STN 690012 je všeobecná a na tlakové nádoby chladiacich okruhov sa dá uplatniť len s obmedzeniami vo vzťahu ku kontrole tesnosti a tlakovým skúškam napríklad pri vnútornej prehliadke.

- vykonávanie odborných prehliadok vykonávajú revízny technici na základe osvedčenia a oprávnenia
- revízny technici na tieto úkony musia byť vybavení podľa vyhlášky č. 182/2013 Z.z. povinným vybavením kontrolnými prístrojmi

Prvá vonkajšia prehliadka : pred uvedením nových ak nebolo vykonané posúdenie zhody, po oprave a rekonštrukcii a ak došlo k zmene použitia.

Opakovaná vonkajšia prehliadka : 1 x za rok

- o Kontrola:
- o celkového stavu nádoby, bezpečnostnej výstroje, regulačných uzatváracích a blokovacích zariadení, meracích prístrojov apod.
- o vykonávania údržby a vedenie predpísanej dokumentácie
- o čistoty a poriadku v okolí nádoby a bezpečný prístup k nádobám
- o čitateľnosť výrobných štítkov
- o obsluhy, ktorá musí byť riadne preškolená a vlastniť **preukaz obsluhy TN**

Vnúťorná prehliadka : 1 x za 5 rokov sa na chladiacich nádobách vykoná len po rekonštrukcii alebo oprave a po odstavení nádoby z prevádzky

- pri nádobách u ktorých vzhľadom na ich konštrukciu nie je možné vykonať vnútornú prehliadku sa vykoná skúška tesnosti a kontrola podozrivých miest ultrazvukom

Skúška tesnosti : 1 x za rok vykonáva sa pri revízii a to pri prevádzkovom tlaku

Tlaková skúška : vykonáva sa len pri generálnych opravách

STN EN 378-1 +A2 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia

Časť 1 : Základné požiadavky, definície, klasifikácia a kritéria výberu

Termíny a definície

V zmysle STN EN 378-1, čl. 3

CHLADIACE SYSTÉMY

Chladiaci systém – kombinácia navzájom spojených častí obsahujúcich chladivo, ktoré tvoria jeden uzatvorený okruh, v ktorom obieha chladivo s cieľom odoberania a odovzdávania tepla (t. j. ochladzovanie, ohrievanie).

Uzatvorený systém – chladiaci systém, v ktorom sú všetky časti obsahujúce chladivo utesnené prírubami, naskrutkovanými armatúrami alebo podobným spojením.

Hermetický systém – chladiaci systém, v ktorom sú všetky časti obsahujúce chladivo utesnené zváraním, spájkovaním alebo podobným nerozoberateľným spojením.

Vysokotlaková časť – časť chladiaceho systému, ktorá je v prevádzke pri tlaku rovnajúcom sa približne tlaku v kondenzátore alebo v chladiči plynu.

Nízkotlaková časť – časť chladiaceho systému, ktorá je v prevádzke pri tlaku rovnajúcom sa približne tlaku vo výparníku.

Strojovňa – úplne uzatvorená miestnosť alebo uzatvorený priestor, ktoré sa vetrajú mechanickým vetraním a sú prístupné len autorizovaným osobám určeným na inštaláciu komponentov chladiaceho systému alebo celého chladiaceho systému; môže sa inštalovať aj ostatné príslušenstvo tak, aby sa zaistila kompatibilita s bezpečnostnými požiadavkami chladiaceho systému.

TLAKY

Meraný tlak – tlak, ktorého hodnota sa rovná rozdielu medzi absolútnym tlakom a atmosferickým tlakom.

Maximálny dovolený tlak – maximálny tlak, na ktorý sa zariadenie navrhlo podľa technických podmienok výrobcu.

Tlak pri pevnostnej skúške – tlak, ktorý sa využíva na skúšku pevnosti chladiaceho systému alebo akejkolvek jeho časti.

Tlak pri skúške tesnosti – tlak, ktorý sa využíva na skúšku systému alebo akejkolvek jeho časti z hľadiska tesnosti pôsobením daného tlaku.

KOMPONENTY CHLADIACICH SYSTÉMOV

Súbor chladenia – montážna zostava komponentov chladiaceho systému a všetkých prístrojov nevyhnutných na jej prevádzku.

Chladiaci okruh – komponenty, ktoré tvoria časť chladiaceho systému, napríklad kompresor, kondenzátor, generátor, absorbér, adsorbér, zberač kvapaliny, výparník, odlučovač kvapaliny.

Kompresor – zariadenie na mechanické zvýšenie tlaku pár chladivá.

Tlaková nádoba – akékoľvek časti chladiaceho systému obsahujúce chladivo okrem:

- polohermetických a otvorených kompresorov;
- chladiacich hadov (vrátane ich zberných rúrok), ktoré sa skladajú z rúrok so vzduchom ako sekundárnou (pomocnou) látkou;
- potrubia a jeho ventilov, spojov a armatúr;
- riadiacich (ovládacích) zariadení;
- tlakových spínačov, manometrov, vodoznakov;
- bezpečnostných ventilov, tavných zátok, prietržných membrán;
- čerpadiel

Kondenzátor – výmenník tepla, v ktorom sa vyparené chladivo skvapalňuje odnímaním tepla.

Zberač kvapaliny – nádoba trvanlivo pripojená na zariadenie vstupným a výstupným potrubím a je určená na zhromažďovanie kvapalného chladivá.

Akumulátor – nádoba, ktorá je schopná zadržiavať kvapalné chladivo a ktorá je trvanlivo pripojená medzi výstup z výparníka a nasávanie kompresora.

Výparník – výmenník tepla, v ktorom sa kvapalné chladivo vyparuje absorbovaním tepla z ochladzovanej látky.

Rúrkový had – časť chladiaceho systému zhotovená z ohnutých alebo rovných rúrok alebo potrubia, vhodne pripojených, slúžiacich ako výmenník tepla (výparník alebo kondenzátor).

Nízkotlakový zberač kvapaliny – nádoba obsahujúca chladivo pri nízkom tlaku a teplote, pripojená na výparník (výparníky) plniacim kvapalinovým a vratným parným potrubím.

Vnútorň hrubý objem – objem vypočítaný z vnútorných rozmerov nádoby, pričom sa do úvahy neberie objem akýchkoľvek vnútorných častí.

Vnútorň čistý objem – objem vypočítaný z vnútorných rozmerov nádoby po odpočítaní stálych vnútorných častí.

Typovo schválený komponent – komponent, na ktorý sa vykonala skúška na jednej alebo viacerých vzorkách tohto komponenta podľa uznávanej normy na typové schválenie.

POTRUBIE, SPOJE A ARMATÚRY

Potrubie – všetko potrubie, ktoré patrí do predmetu normy EN 14276-2, ako sú potrubia alebo rúrky (vrátane hadíc, vlnovcov, armatúr alebo pružného potrubia), a ktoré slúži na vzájomné spojenie rozličných častí chladiaceho systému.

Spoj – spojenie dvoch častí.

Zvarový spoj – spoj, ktorý sa vytvorí spojením kovových častí v plastickom alebo roztavenom stave.

Prírubový spoj – spoj, ktorý sa vytvorí priskrutkovaním dvojice prírubových zakončení.

Uzatváracie zariadenie – zariadenie na uzatvorenie prietoku tekutiny, napríklad chladivá, soľanky.

Rýchlouzatvárací ventil – uzatváracie zariadenie, ktoré uzatvára automaticky (napríklad hmotnosťou, silou pružiny, rýchlouzatváracím guľovým uzáverom) alebo ktoré má veľmi malý uzatvárací uhol.

BEZPEČNOSTNÉ PRÍSLUŠENSTVO

Tlakové poistné zariadenie – tlakový poistný ventil alebo prietržná membrána, ktoré sú určené na automatické uvoľnenie nadmerného tlaku.

Tlakový poistný ventil – tlakom ovládaný ventil, ktorý sa udržiava v uzatvorenej polohe pružinou alebo inými prostriedkami a ktorý je určený na automatické uvoľnenie tlaku so začiatkom otvárania pri nastavenom tlaku a opätovnom uzatváraní potom, ako tlak klesol pod nastavený tlak.

Detektor chladiva – snímacie zariadenie, ktoré reaguje na vopred stanovenú koncentráciu pár chladivá v okolitom prostredí.

Prepúšťací ventil – tlakové poistné zariadenie, ktoré prepúšťa do časti chladiaceho systému s nízkym tlakom.

TEKUTINY

Chladivo – tekutina, ktorá sa používa na prenos tepla v chladiacom systéme, pričom absorbuje teplo pri nízkej teplote a nízkom tlaku a odovzdáva teplo pri vyššej teplote a vyššom tlaku; tento proces je zvyčajne spojený so zmenami stavu tekutiny.

Teplonosná látka – tekutina na prenos tepla zvyčajne bez zmeny jej stavu (napríklad glykol, voda, ...)

Jedovatosť, Toxicita – schopnosť tekutiny byť škodlivou alebo smrteľnou následkom akútneho alebo chronického vystavenia jej účinkom dotykom, vdychovaním alebo prehltnutím.

Likvidácia – odovzdanie výrobku druhej strane, zvyčajne na rozloženie.

RÔZNE

Odborná spôsobilosť – schopnosť uspokojivo vykonávať činnosti v zamestnaní

Samostatný dýchací prístroj – dýchací prístroj, ktorý má prenosný zdroj stlačeného vzduchu, nezávislý od okolitého ovzdušia, kde vydychovaný vzduch odchádza bez recirkulácie do okolitého ovzdušia.

Triedenie

V zmysle STN EN 378-1, čl. 4

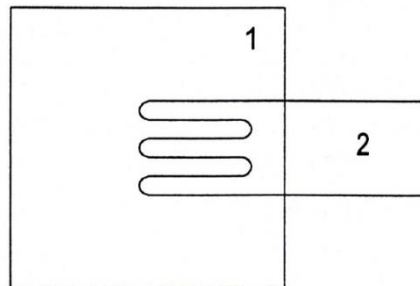
Chladiace zariadenie - Chladiace systémy sa klasifikujú podľa STN EN 378-1 vzhľadom na spôsob odoberania tepla z ovzdušia alebo inej látky, ktorá sa má tepelne upraviť (chladenie), alebo dodávania tepla do ovzdušia alebo do inej látky, ktorá sa má tepelne upraviť (ohrievanie).

Priamy systém - Výparník alebo kondenzátor chladiaceho systému je v priamom styku so vzduchom alebo s látkou, ktoré sa majú ochladzovať alebo ohrievať. Časti obsahujúce chladivo sú umiestnené v zaplnenom priestore, do ktorého môže v prípade úniku vniknúť chladivo.

Legenda

1 zaplnený priestor

2 časť obsahujúca chladivo



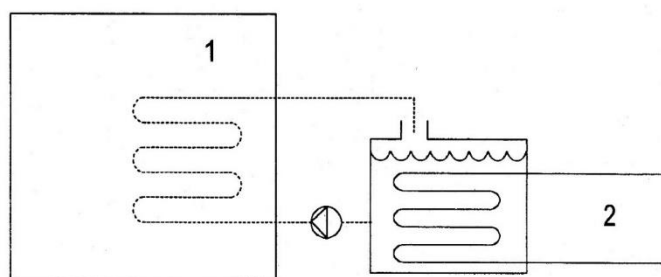
Obrázok Priamy systém

Nepriamy systém - Výparník chladí alebo kondenzátor ohrieva teplotonosnú látku, ktorá vedie do priameho kontaktu s látkou, ktorá má byť ochladzovaná.

Legenda

1 zaplnený priestor

2 časť obsahujúca
chladivo



Obrázok Nepriamy systém

Nepriamy systém - vtedy, keď je teplotonosná látka v priamom styku s časťami obsahujúcimi chladivo vo ventilovanom alebo dvojstenovom výmenníku tepla. Únik chladiva sa odvetrá mimo výmenníka tepla a nie do nepriameho okruhu.

Klasifikácia bezpečnostnej skupiny

V zmysle STN EN 378-1 príloha F

Klasifikácia všeobecne - bezpečnostná klasifikácia sa má skladať z dvoch abecedne číslcových znakov (napríklad A2 alebo B1). Prvé písmeno označuje hladinu toxicity, ktorá sa uvádza v F.2.2; arabská číslica znamená horľavosť, ktorá sa uvádza v F.2.3.

Klasifikácia toxicity - chladivá sa majú zaradiť do jednej z dvoch tried - A alebo B - zakladajúcich sa na neustálom vystavení hladinám koncentrácie:

Trieda A (Nižšia toxicita): chladivá s časovo váženou priemernou koncentráciou, ktorá nemá nepriaznivý vplyv na takmer všetkých pracovníkov, ktorí môžu byť vystavení chladivám deň čo deň zvyčajne 8-hodinového pracovného dňa a 40-hodinového pracovného týždňa, pričom hodnota koncentrácie sa rovná 400 ml/m³ (400 x 10⁻⁶ objemových) (400 ppm objemových) alebo je väčšia.

Trieda B (Vyššia toxicita): chladivá s časovo váženou priemernou koncentráciou, ktorá nemá nepriaznivý vplyv na takmer všetkých pracovníkov, ktorí môžu byť vystavení chladivám deň čo deň zvyčajne 8-hodinového pracovného dňa a 40-hodinového pracovného týždňa, pričom hodnota koncentrácie je menšia ako 400 ml/m³.

Klasifikácia horľavosti všeobecne - chladivá sa majú zaradiť do jednej z troch tried - 1,2 alebo 3 - zakladajúcich sa na skúšaní horľavosti, vykonávanom podľa odsekov F.2.3.2, F.2.3.3 a F.2.3.4. Zmesi chladivá sa majú zaradiť podľa klasifikácie horľavosti založenej na ich najhoršom prípade frakčne destilovaného tvorenia (WCFF), ako sa určilo z analýzy trakčnej destilácie (pozri F.2.5). WCF a WCFF sa nevyžadujú, ak nijaký z komponentov zmesi nie je buď triedy 2, alebo triedy 3. V tomto prípade sa analýza trakčnej destilácie nevyžaduje a zmes má byť triedy 1.

Trieda 1 (Nehorľavosť): samotná zlúčenina chladivá sa má klasifikovať ako trieda 1, ak chladivo nepreukazuje šírenie plameňa, keď sa skúša vo vzduchu pri 60 °C a 101,3 kPa.

Zmes chladivá sa má klasifikovať ako trieda 1, ak WCFF zmesi, ktorá sa určí z analýzy trakčnej destilácie, nepreukazuje šírenie plameňa, keď sa skúša pri 60 °C a 101,3 kPa.

Trieda 2 (Znížená horľavosť): samotná zlúčenina chladivá sa má klasifikovať ako trieda 2, ak chladivo spĺňa všetky tri nasledujúce podmienky:

- prejaví sa šírenie plameňa, keď sa skúša pri 60 °C a 101,3 kPa;
- má LFL > 3,5 objemových %;
- má spaľovacie teplo < 19 000 kJ/kg.

Zmes sa má klasifikovať ako trieda 2, ak spĺňa všetky tri nasledujúce podmienky:

- v prípade WCFF sa prejaví šírenie plameňa, keď sa skúša pri 60 °C a 101,3 kPa;
- WCFF má LFL > 3,5 objemových %;
- dané zloženie má spaľovacie teplo < 19 000 kJ/kg.

Trieda 2L Skupina A2L, B2L(pomalý horľavý): Chladivá (napríklad HFO1234yf, amoniak, ...), ktorých dolná medza horľavosti je LFL ≥ 3,5 objemových %; prejaví sa šírenie plameňa, keď sa skúša pri 60 °C a 101,3 kPa s rýchlosťou horenia nižšou ako <10 cm/s; má spaľovacie teplo < 19 000 kJ/kg. Spalné teplo Amoniak je asi 19 000 MJ/kg, vďaka čomu amoniak v rámci medzinárodných bezpečnostných noriem, ako sú EN378, ISO5149 a ASHRAE15 patrí do triedy s „nízkou horľavosťou“ (trieda 2).

Maximálna rýchlosť horenia amoniaku je približne 8 cm.s^{-1} pri koncentrácii 23 % a rýchlosť horenia pri dolnom limite horľavosti je asi 3 cm.s^{-1} . Sú to príliš nízke rýchlosti pre výbuch. Keďže je táto rýchlosť nižšia ako rýchlosť zvuku, sa toto horenie nazýva aj „deflagrácia“ (Deflagrácia: Výbuch šíriaci sa podzvukovou rýchlosťou. Nedochádza k detonačnej vlne. Detonácia: Výbuch šíriaci sa nadzvukovou rýchlosťou).. V uzavretých priestoroch je možné vytvoriť dostatočný tlak, aby pri deflagracii došlo k poškodeniu konštrukcie, no miera nárastu tlaku je nižšia ako pri uhľovodíkoch a najvyšší tlak je takisto menší.

Trieda 3 (Zvýšená horľavosť): samotná zlúčenina chladivá sa má klasifikovať ako trieda 3, ak chladivo spĺňa obe nasledujúce podmienky:

- prejaví sa šírenie plameňa, keď sa skúša pri 60°C a $101,3 \text{ kPa}$;
- má $\text{LFL} < 3,5$ objemových %, má spaľovacie teplo $> 19\,000 \text{ kJ/kg}$.

Zmes sa má klasifikovať ako trieda 3, ak spĺňa obe nasledujúce podmienky:

- v prípade WCFF sa prejaví šírenie plameňa, keď sa skúša pri 60°C a $101,3 \text{ kPa}$;
- WCFF má LFL s $3,5$ objemových %, alebo v prípade WCFF má spaľovacie teplo, ktoré je $> 19000 \text{ kJ/kg}$.

F.2.3.5 V prípade chladív triedy 2, triedy 3 alebo zmesí chladív sa má určiť LFL . V prípade týchto chladív triedy 2, triedy 3 alebo zmesí chladív, ktoré nepreukazujú šírenie plameňa, keď sa skúša pri $23,0^\circ\text{C}$ a $101,3 \text{ kPa}$ (t. j. nie LFL), má sa na určenie ich zatriedenia horľavosti namiesto LFL použiť medza horľavosti pri zvýšenej teplote (ETFL) takto:

- V prípade samotnej zlúčeniny chladivá sa má namiesto LFL použiť ETFL ;
- V prípade zmesi chladivá sa má namiesto LFL použiť ETFL z WCFF.

STN EN 378-2 +A2 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia

Časť 2 : Návrh, konštrukcia, skúšanie, označovanie a dokumentácia

Označovanie

STN EN 378-2 čl. 6.4.2.1

Všeobecne - Každý chladiaci systém a jeho komponenty sa musia dať rozlíšiť pomocou označenia. Toto označenie musí byť vždy viditeľné. Kondenzátor a výparník zariadení s obmedzenou náplňou sa nemusia označiť.

Uzatváracie zariadenia a hlavné ovládacie zariadenia sa musia zreteľne označiť štítkom, ak nie je zrejmé, čo ovládajú.

Chladiace systémy

STN EN 378-2 čl. 6.4.2.2

Na chladiaci systém alebo do jeho blízkosti sa musí umiestniť zreteľne čitateľný identifikačný štítok. Identifikačný štítok musí obsahovať aspoň tieto údaje:

- a) meno/názov a adresu alebo identifikáciu výrobcu;
- b) označenie typu, výrobné číslo alebo referenčné číslo;
- c) rok výroby;
- d) číslo označenia chladivá podľa ISO 817 (pozri aj EN 378-1: 2008, informatívnu prílohu F);
- e) náplň chladivá;
- f) maximálny dovolený tlak (PS) vysokotlakovej a nízkotlakovej časti;
- g) povinné označenie.

Identifikačné a meracie prístroje

STN EN 378-2 čl. 6.2.7

Chladiace systémy sa musia vybaviť indikačnými a meracími prístrojmi nevyhnutnými na skúšanie, prevádzku a obsluhu, ako sa uvádza v tejto európskej norme.

Monitorovacie zariadenia, ktoré sa opisujú v nasledujúcich článkoch, nepovažujú sa za ochranné zariadenia.

Tlakomery pre chladiva

Každá tlaková strana alebo tlakový stupeň chladiaceho systému sa musí vybaviť tlakomermi, ak náplň chladivá presahuje:

- 100 kg chladivá skupiny A1;
- 25 kg chladivá skupiny A2, B1 alebo B2;
- 2,5 kg chladivá skupiny A3 alebo B3.

Pri systémoch obsahujúcich viac ako 10,0 kg chladivá skupiny A1, obsahujúcich viac ako 2,5 kg chladivá skupiny A2, B1 alebo B2 a obsahujúcich viac ako 1,0 kg skupiny A3 alebo B3 musia prípojky na tlakomery umožniť trvanlivé namontovanie tlakomerov, ktoré je dobrovoľné.

Tlakové nádoby

Tlakové nádoby s vnútorným čistým objemom 100 l alebo väčším, ktoré majú na vstupe a výstupe vo výbave uzatváracie zariadenia a ktoré môžu obsahovať kvapalné chladivo, musia sa vybaviť prípojkou na tlakomer.

Komponenty obsahujúce chladivo, ktoré sa čistia alebo rozmrazujú v teplom alebo horúcom stave a pri ručnom ovládaní, musia sa vybaviť tlakomerom (tlakomermi).

Skúšanie

V zmysle STN EN 378-2 čl. 6.3

Skúšky

Výrobca alebo montážny pracovník musí skúšať každý chladiaci systém, všetky komponenty alebo celý chladiaci systém pred uvedením do prevádzky takto:

- a) pevnostnou tlakovou skúškou podľa 6.3.3;
- b) skúškou tesnosti podľa 6.3.4;
- c) funkčnou skúškou bezpečnostných spínacích zariadení na obmedzovanie tlaku;
- d) skúškou zhody celkovej inštalácie podľa 6.3.5.

V priebehu skúšania podľa a) a b) musia byť spoje z dôvodu kontrolnej prehliadky prístupné. Po pevnostnej tlakovej skúške a skúške tesnosti a predtým, ako sa zariadenie prvýkrát spustí, musí sa vykonať funkčná skúška všetkých elektrických bezpečnostných obvodov.

Záznam skúšky

Výsledky skúšok sa musia zaznamenať.

Pevnostná tlaková skúška

Komponenty sa musia skúšať podľa príslušných noriem na výrobky, ktoré sa uvádzajú v tabuľke 1 STN EN 378-2. Ak sa normy na výrobok v tabuľke nenachádzajú, potom sa pevnostné tlakové skúšky na takýchto komponentoch musia vykonať podľa 5.3.2.2.

Ak sa všetky komponenty, potrubia a spoje predtým skúšali alebo typovo schválil podľa kapitoly 5, potom skúška tesnosti na celej zostave podľa STN EN 378-2 čl. 6.3.4 je dostačujúca.

Ak sa komponenty predtým neskúšali, ako sa uvádza v predchádzajúcom odseku, potom sa zostava takýchto komponentov musí skúšať podľa kapitoly 6 skúšobným tlakom odvodeným z maximálneho dovoleného tlaku (PS) systému.

Ak sa potrubie a potrubné spoje predtým neskúšali, potom na ostatné potrubie a potrubné spoje, ktoré sa predtým neskúšali, platia tieto požiadavky:

- samostatná skúška odolnosti pri minimálnom tlaku $1,43 \times PS$, alebo
- ostatné potrubie a potrubné spoje sa musia pevnostné tlakovo skúšať minimálnym tlakom $1,1 \times PS$. Okrem toho sa 10 % nerozoberateľných spojov kategórie II alebo vyššej musí podrobiť nedeštruktívnej skúške podľa EN 1290, EN 1435 alebo EN 1714.

Pri spomenutej pevnostnej tlakovej skúške sa môžu odmontovať tlakové poistné zariadenia a ovládacie zariadenia, ak sa to vyžaduje.

Maximálny dovolený tlak možno v každom úseku zariadenia určiť samostatne. V tomto prípade môže byť skúšobný tlak v každom úseku odlišný.

Počas tejto skúšky nízkotlaková časť kompresorov podľa EN 60335-2-34 sa nesmie vystaviť skúšobnému tlaku, ktorý presahuje PS v nízkotlakovej časti, ako uvádza výrobca.

Skúška tesnosti

Skúška tesnosti sa musí vykonať buď na celom systéme, alebo po častiach podľa tejto kapitoly buď pred odoslaním z výrobného závodu, ak sa systém zmontuje vo výrobnom závode, alebo na mieste montáže, ak sa systém montuje alebo naplňa na mieste montáže, a ak je to nevyhnutné, po jednotlivých etapách tak, ako sa systém postupne kompletizuje.

Na skúšky tesnosti sa používa niekoľko techník, ktoré závisia od výrobných podmienok, napríklad od tlaku inertného plynu. Aby sa zabránilo emisii akejkoľvek nebezpečnej látky, skúška tesnosti sa môže robiť použitím inertného plynu, ako je dusík, hélium alebo kyslíčnik uhličitý. Kyslík, acetylén alebo uhľovodíky sa nesmú používať z dôvodu bezpečnosti. Musí sa vyvarovať zmesi vzduchu a plynu, lebo určité zmesi môžu byť rizikové.

Na približné označenie netesností možno použiť postup pomocou podtlaku. Výrobca musí určiť vhodné kritériá na postup pomocou podtlaku, aby sa určil zodpovedajúci chladiaci systém.

Postup pri skúške tesnosti

Výrobca musí uplatniť takú skúšobnú metódu, aby sa dosiahli výsledky zodpovedajúce požiadavkám, ktoré sa uvádzajú ďalej. Spoje sa musia skúšať detekčnou súpravou alebo metódou s takou citlivosťou, ktorá zodpovedá citlivosti skúšky pomocou bublín (použitím kvapaliny), ako sa uvádza v EN 1779, ak sa skúša tlakom 1 x PS.

Každá zistená netesnosť sa musí opraviť a opäť sa musí vykonať skúška tesnosti.

Skúška kompletnej inštalácie pred uvedením do prevádzky

Pred uvedením chladiaceho systému do prevádzky sa musí zostava komponentov, ktorú obsahuje chladiaci systém, skontrolovať porovnaním s príslušnými inštalačnými výkresmi, schémami obvodov, potrubia, prístrojov a elektrického zapojenia systému.

Prehliadka chladiaceho systému

Prehliadku chladiaceho systému musí vykonať kompetentná osoba a prehliadka musí obsahovať tieto položky:

- a) kontrola dokumentácie týkajúcej sa tlakového zariadenia;
- b) kontrola bezpečnostných zariadení a príslušenstva podľa 6.3.5.3;
- c) kontrola vybraných zvarov na potrubí podľa EN 14276-2;
- d) kontrola vybraných spájkovaných spojov na potrubí podľa EN 14276-2;
- e) kontrola chladiaceho potrubia podľa 6.3.5.4;
- f) kontrola a dokumentovanie zoskupenia (pripojenia) otvorených kompresorov, čerpadiel, ventilátorov a pod. s ich pohonmi (elektromotormi alebo spaľovacími motormi);
- g) kontrola záznamu o skúške tesnosti chladiaceho systému;
- h) vizuálna prehliadka chladiaceho zariadenia podľa 6.3.5.5;
- i) kontrola označenia podľa 6.4.2.

Táto prehliadka sa musí dokumentovať. Nijaký chladiaci systém sa nesmie uviesť do prevádzky, kým sa nezadokumentuje.

Dokumentácia

V zmysle TN EN 378-2, čl. 6.4.3.5

Vlastník/prevádzkovateľ musí udržiavať a pravidelne viesť záznamník o chladiacom systéme, ak náplň chladivá prekračuje 3 kg.

Záznamník

Ak náplň chladiva presahuje 3kg, zainteresovaná (zúčastnená) strana musí udržiavať a aktualizovať záznamník chladiaceho systému.

Záznamník sa musí zaviesť pri inštalácii systému inštalátorom (montážnou organizáciou). Tento záznamník sa aktualizuje pravidelne po údržbe podľa EN 378-4.

Do záznamníka sa musia zaznamenávať aj tieto údaje:

- podrobnosti o každej údržbe a opravárskych prácach;
- množstvo a druh (nového, opätovne použitého alebo recyklovaného) chladivá, ktoré sa naplnilo pri každej príležitosti, a množstvo chladivá, ktoré sa získalo zo zariadenia pri každej príležitosti,
- rozbor opätovne použitého chladivá, ktorého výsledky, ak sú dostupné, sa musia takisto udržiavať v záznamníku;
- zdroj opätovne použitého chladivá;
- výmenny a náhrady komponentov systému;
- výsledky všetkých pravidelných bežných skúšok;
- závažné odstávky systému, časových intervaloch odstavenia zariadenia.

Záznamník musí vlastník/prevádzkovateľ uschovávať v strojovni alebo údaje sa môžu uložiť aj do počítača a výsledky vytlačiť v strojovni. V každom prípade informácie musia byť prístupné poverenej osobe pri obsluhu, údržbe alebo pri skúšaní.

Denné hlásenie o prevádzke kompresorov

kompresor typ

výrobné číslo

dátum

Čas	Zapnutý kompresor	Vypnutý kompresor	Údaje meracích prístrojov						7	Tplota TU [°C]	Ohrev podlažia [°C]	Snehová jama [°C]	Tplota ľadu [°C]	Tplota vonkajšia [°C]	P o z n á m k y (kontrola tesnosti, odvzdušnenie, odolejovanie, kontrola poistných a meracích prístrojov)
			1	2	3	4	5	6							
			Sanie NH ₃		Výtlak NH ₃		Teplota NH ₃								
			Tlak [MPa]	Teplota [°C]	Tlak [MPa]	Teplota [°C]	Vstup	Výstup							
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
V prevádzke hodín			8 Od poslednej výmeny oleja v pr. hod.		10 Doplnenie oleja v litroch [kg]		12 Nabehnuté za mesiac dňa..... čas.....		Podpis obsluhy						
			9 Posledná výmena denné hlás. číslo		11 Výmena oleja v litroch [kg]		13 Kompresor v prevádzke celkom hodín								

Použitie ochranných zariadení

V zmysle STN EN 378-2 čl. 6.2.6

Všeobecne - ochrannými zariadeniami sa musí vybaviť aj chladiaci systém, aj sekundárny okruh prestupu tepla.

Ak sa na zabránenie nadmerného tlaku na stranách vysokého tlaku jedného a druhého stupňa systémov počas prevádzky používajú tlakové poistné zariadenia, musí sa použiť bezpečnostné spínacie zariadenie na obmedzovanie tlaku (pozri 6.2.6.2), ak je to prakticky možné, na zastavenie tlaku

vložením prvku predtým, ako sa uvedie do činnosti akékoľvek tlakové poistné zariadenie. Na uvoľnenie nadmerného tlaku sa musí použiť tlakový poistný ventil.

Prepúšťacie ventily

Ak tlakové poistné zariadenie (zariadenia) okrem poistných zariadení kompresora prepúšťa (prepúšťajú) z časti zariadenia s vyšším tlakom do časti zariadenia s nižším tlakom, musí sa (musia sa) použiť tlakový poistný ventil (tlakové poistné ventily) takého typu, ktorý vyrovnáva (ktoré vyrovnávajú) spätný tlak.

Vlastnosti ventila vyrovnávajúceho spätný tlak musia byť také, aby tlak vytvorený počas prepúšťania nebol vyšší ako tlak vytvorený tlakovým poistným zariadením prepúšťajúcim do ovzdušia.

Výkonnosť prepúšťania tlakových poistných zariadení na nízkotlakovej strane zariadenia musí byť taká, aby ochránila všetky pripojené nádoby, kompresory a čerpadlá, ktoré môžu byť vystavené nepretržitému nadmernému tlaku. Výpočet musí byť podľa EN 13136: 2001.

20. Tlakové poistné zariadenia

V smere vstupu alebo výstupu tlakového poistného zariadenia sa nesmú nachádzať nijaké oddeľovacie ventily s výnimkou toho, čo sa uvádza v STN EN 378-2 čl. 6.2.6.6.

Indikačné zariadenie tlakových poistných zariadení

Systémy s minimálnou náplňou chladivá 300 kg sa musia vybaviť indikačným zariadením na kontrolu počas údržby, či poistný ventil prepustil do ovzdušia. Príklady indikačných zariadení sú takéto:

- sifón v tvare U naplnený olejom;
- tlakomer na indikáciu maximálneho tlaku medzi poistným ventilom a prietržnou membránou;
- protiprúdna inštalácia prietržných membrán so sledovaním medzi priestoru a tlakového poplachového zariadenia (obmedzovača tlaku). Skutočný tlak pri prepúšťaní typovo skúšaného obmedzovača tlaku sledujúceho medzipriestor sa musí nastaviť na tlak, ktorý sa rovná 0,5 bar (0,05 MPa) alebo menší;
- snímač plynu v smere prepúšťania alebo;
- použitie ventilov s mäkkým tesnením so sledovaním tlaku chráneného úseku a varovaním do stanovišťa so stálou obsluhou, ak sa dosiahne úroveň 2 bar (0,2 MPa) pod skutočný tlak pri pre-pustení bezpečnostného ventila.
-



Sifón v tvare U naplnený olejom.

Usporiadanie poistných zariadení chladiacich systémov

Tlakové poistné zariadenia sa musia namontovať na tlakovú nádobu alebo na inú časť chladiaceho systému, ktorú ochraňujú, prípadne v jej tesnej blízkosti. Tlakové poistné zariadenia musia byť ľahko prístupné a musia sa s výnimkou zariadení na ochranu proti účinku expanzie kvapaliny pripojiť nad hladinou kvapalného chladivá.

Blokovacie ventily na kompresoroch (chránené puzdrami, vekami alebo strmeňmi) sú dovolené medzi kompresorom a jeho poistným zariadením.

Ak sa samostatné tlakové poistné zariadenie namontované zvonka použije na prepúšťanie do nízkotlakovej časti systému, musia sa zaistiť prostriedky, ktorými možno zariadenie odmontovať bez straty podstatného množstva chladivá. V prípade systémov obsahujúcich viac ako 100 kg chladivá blokovacie ventily sa musia nachádzať pred prepúšťacím ventilom a za ním. Blokovacie ventily sa musia zabezpečiť pri otváraní (napríklad puzdra, veka alebo strmeňa) a zabezpečiť pred neoprávneným nastavením pomocou tesnenia alebo podobne. Tesnenie sa musí zreteľne označiť identifikáciou kompetentnej osoby podľa EN 13313. Smer prepúšťania prepúšťacích ventilov najskôr vedie do plyného skupenstva a musí viesť do nízkotlakovej časti systému (napríklad obrátením smeru do odlučovača) prakticky najkratšou cestou (pozri prílohu F, obrázky 2 a 3).

Ak prepúšťanie do ovzdušia môže spôsobiť stav chladivá, ktorý je v trojnóm bode alebo pod ním, chladivo môže stuhnúť. V tom prípade sa usporiadanie tlakových poistných zariadení a pridružených rúrok musí zhotoviť tak, aby sa zabránilo akémukoľvek zablokovaniu prúdenia chladivá.

Vypúšťacie potrubie z tlakových poistných zariadení

Vypúšťanie z tlakových poistných zariadení sa musí uskutočniť tak, aby osoby a majetok neboli ohrozené vytekajúcim chladivom. Chladivo možno rozptýliť do vzduchu primeranými prostriedkami, ale ďalej od akéhokoľvek nasávania vzduchu do budovy, alebo vypustiť do zodpovedajúceho množstva vhodnej absorpčnej látky. Pri nepriaznivých účinkoch na životné prostredie sa musí brať do úvahy napríklad riziko nahromadenej vody a námrazy vo výtokových rúrkach alebo hromadenie špiny a odpadkov. Vypúšťacie potrubia pre tlakové poistné zariadenia sa musia vypočítavať podľa EN 13136. Pripojenie vypúšťacieho potrubia k vypúšťacím zariadeniam sa musí usporiadať tak, aby bolo možné preskúšať osobitne netesnosť vypúšťacích zariadení.

Dodatočné požiadavky na chladiace systémy a tepelné čerpadlá s R717

Príloha A v zmysle STN EN 378-2

A.1 Systémy s náplňou nad 50 kg

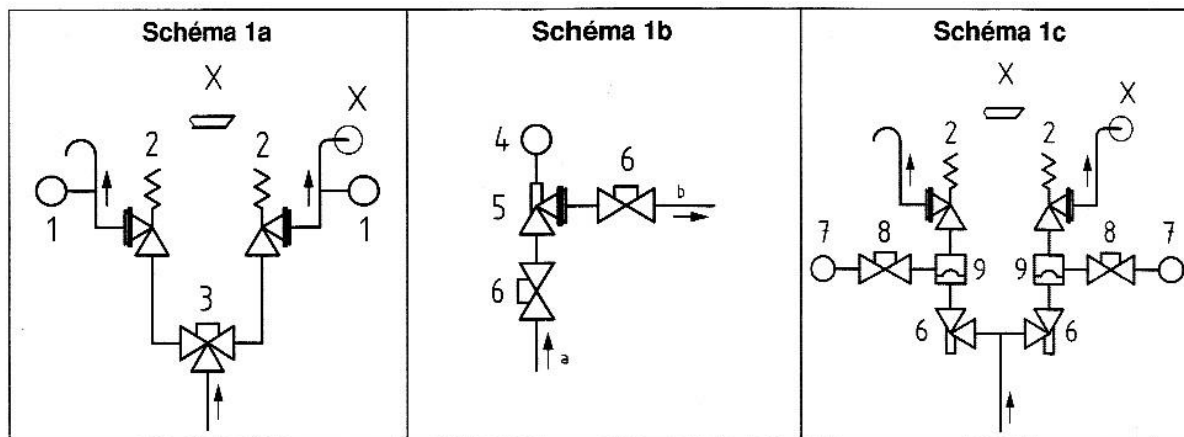
Ak sa bezpečnostné ventily, ktoré vyfukujú do atmosféry, používajú ako ochranné zariadenia proti nadmernému tlaku, **musia sa použiť dva bezpečnostné ventily**, pričom , každý z nich má celkový vyžadovaný poistný obsah a **pripojí sa prepínacím ventilom**.

Príklady usporiadania tlakových poistných zariadení v chladiacich systémoch

V zmysle STN EN 378-2 príloha F

Určité systémy, ktoré obsahujú veľké množstvo chladivá, môžu vyžadovať osobitné usporiadania tlakových poistných ventilov, aby sa umožnila dostatočná tesnosť a sledovanie správneho nastavenia tlakového poistného zariadenia a jeho pravidelnej údržby.

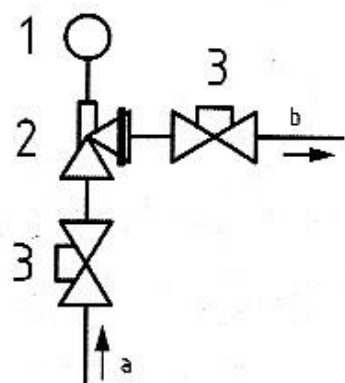
Príklady takýchto osobitných usporiadaní sa nachádzajú na obrázku F.1.



Obrázok Usporiadania tlakových poistných ventilov, ktoré sú vybavené sledovacími zariadeniami na sledovanie tesnosti

Legenda

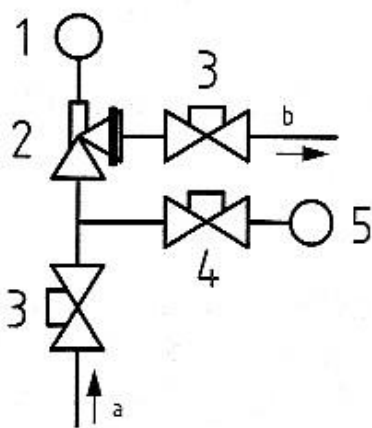
1. zisťovanie koncentrácie chladiva
2. tlakový poistný ventil prepúšťajúci do ovzdušia
3. prepínacie zariadenie zaistené krytom
4. vlnovcové sledovacie zariadenie, napríklad PS+, PS-, QS+
5. tlakový poistný ventil v tvare prepúšťacieho ventila s vlnovcovým prieduchom vyrovnávajúci spätný
6. tlak prepúšťaním do nízkotlakovej strany
7. blokovací ventil ako v STN EN 378-2 čl. 6.2.6.6
8. obmedzovač tlaku [nastavený na 0,5 bar (0,05 MPa)]
9. blokovací ventil s prieduchom a krytom
10. prietržná membrána so sledovacím zariadením
 - a) z nádoby na vysokotlakovej strane alebo v potrubnom úseku
 - b) na nízkotlakovú stranu systému



Legenda

- 1 vlnovcové sledovacie zariadenie, napríklad PS+, PS-, QS+
- 2 tlakový poistný ventil v tvare prepúšťacieho ventila s vlnovcovým prieduchom, vyrovnávajúci spätný tlak prepúšťaním do LPS
- 3 blokovací ventil ako v 6.2.6.6
- a z nádoby na vysokotlakovej strane alebo v potrubnom úseku
- b na nízkotlakovú stranu systému

Obrázok Prepúšťací ventil kompenzujúci spätný tlak na ochranu tlakovej nádoby na vysokotlakovej strane alebo v potrubnom úseku pred rozťažnosťou kvapaliny



Legenda

- 1 vlnovcové sledovacie zariadenie, napríklad PS+, PS-, QS+
- 2 tlakový poistný ventil v tvare prepúšťacieho ventila s vlnovcovým prieduchom, vyrovnávajúci spätný tlak prepúšťaním do LPS
- 3 blokovací ventil ako v 6.2.6.6
- 4 blokovací ventil s prieduchom a krytom (odporúča sa)
- 5 obmedzovač tlaku [nastavený na 2 bar (0,2 MPa) menej ako PS]
- a z vonkajších vyhrievaných komponentov nízkotlakovej strany
- b na nízkotlakovú stranu systému

Obrázok Prepúšťací ventil kompenzujúci spätný tlak na ochranu tlakovej nádoby na nízkotlakovej strane pred rozťažnosťou kvapaliny a/alebo vonkajšou teplotou

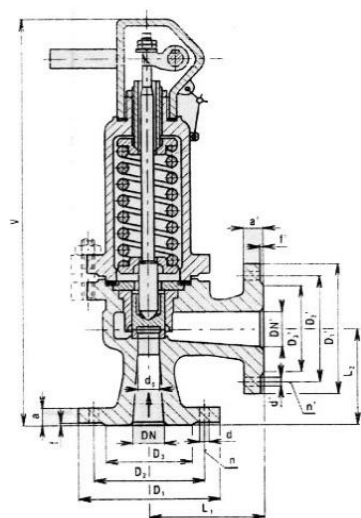
Poistné ventily

Poistné zariadenie v chladiacom okruhu slúži na zabránenie prekročenia najvyššieho pracovného pretlaku v zariadení a platia pre neho ustanovenia v zmysle STN EN 378 a STN 69 0012. K ochrane proti nedovolenému prekročeniu najvyššieho pracovného pretlaku slúžia poistné ventily.

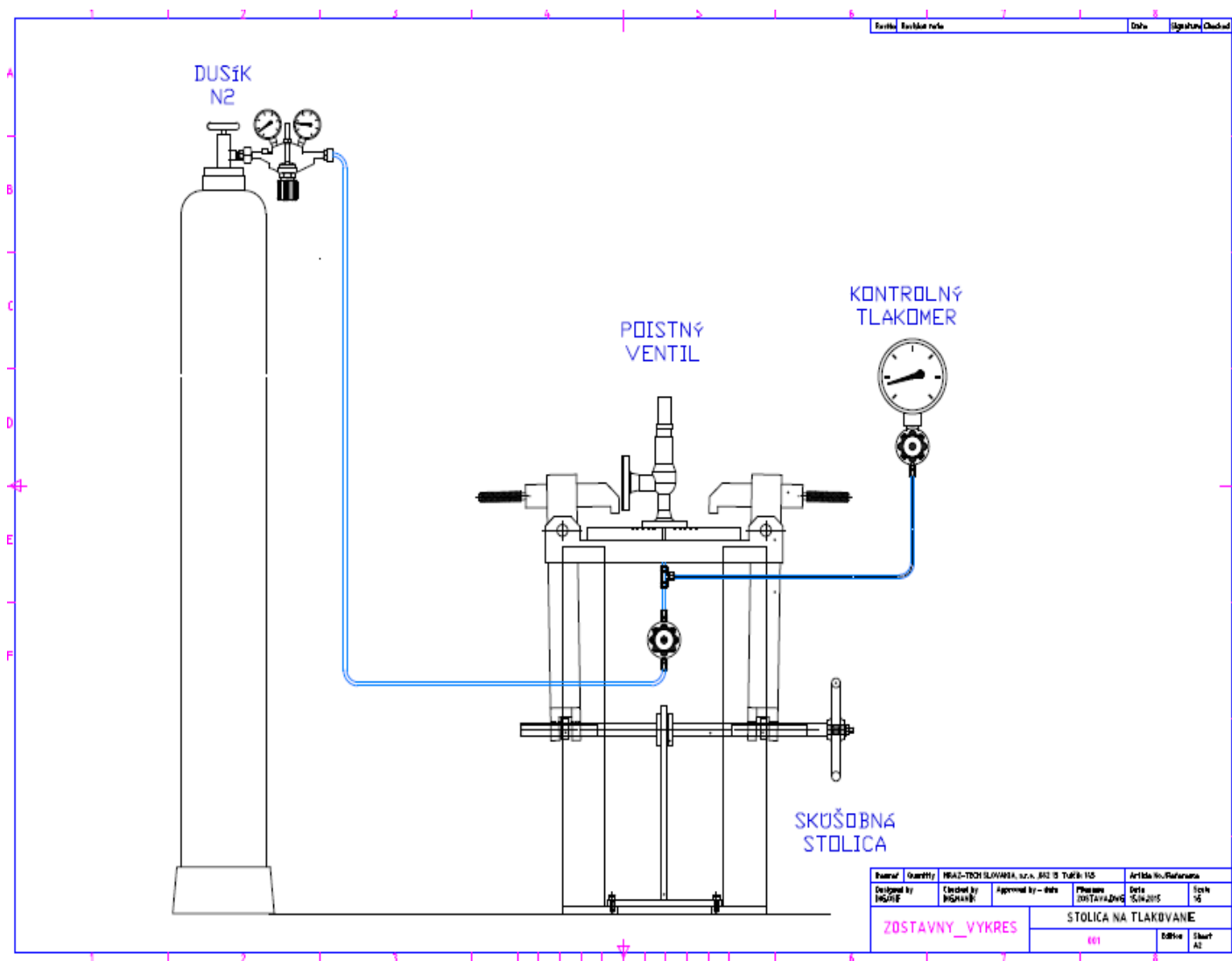
Každý poistný ventil musí byť nastavený na predpísaný prepúšťací tlak a musí byť doložené atestom o nastavení.

Z dôvodu skúšok a opráv poistných zariadení je potrebné mať dve poistné zariadenia so striedavým ventilom alebo dve poistné zariadenia s predradenými uzatváracími ventilmi, z ktorých aspoň jeden musí byť zaplombovaný v otvorenej polohe podľa STN EN 378.

Poistné zariadenie musí byť vždy vybavené výfukovou rúrkou v zmysle Vyhl.č.59/1982 Z. z. §176 a STN EN 378.



Obrázok Vzory dodávaných poistných ventilov s prepínacím ventilom. Ak sa bezpečnostné ventily, ktoré vyfukujú do atmosféry, používajú ako ochranné zariadenia proti nadmernému tlaku, **musia sa použiť dva bezpečnostné ventily**, pričom, každý z nich má celkový vyžadovaný poistný obsah a pripojí sa prepínacím ventilom.



Skúšobná stolica pre skúšanie poistných ventilov.

Príklad poistných ventilov

A.1 Systémy s náplňou R717 nad 50 kg

Tlaková nádoba s objemom nad 100 l musí byť osadená presuvným ventilom s 2 poistnými ventilmi. V zmysle STN EN 378-2 príloha F sa pre určité systémy, ktoré obsahujú veľké množstvo chladivá, môžu vyžadovať osobitné usporiadania tlakových poistných ventilov, aby sa umožnila dostatočná tesnosť a sledovanie správneho nastavenia tlakového poistného zariadenia a jeho pravidelnej údržby.

Kontrola tesnosti poistných ventilov sa musí vykonať 1 x za rok pri výkone revízie podľa STN EN 378 časť 4 príloha D. Kontrola tesnosti a nastavenie prepúšťacieho tlaku sa vykoná na tlakovej stolici oprávnenou organizáciou. Oprávnenie získa firma, ktorá je vyškolená výrobcou poistných zariadení, má technické vybavenie na lapovanie dosadacích plôch ventilov s tlakovou stolicou s kontrolným tlakomerom. Následne sa vyškolia pracovníci na opravy tlakových zariadení skupiny Bf s revíznym technikom príslušnej skupiny. Revízny technik vyhotoví záznam o kontrole poistného ventilu.

V zmysle STN 69 0012 – priechodnosť poistných ventilov sa skúša pri nádobách, ktoré obsahujú jedovaté alebo inak nebezpečné tekutiny – najmenej 1 x za rok.

Evidenčné číslo protokolu :
583/NPV/2016

Protokol o nastavení a preskúšaní poistného ventilu podľa STN 13 4309-2

Výrobca poistného ventilu :	Danfoss Dánsko
Prevádzkovateľ :	JT-PARTNER, s.r.o. Krivec 3132, Hriňová
Výrobné číslo :	610270
Typ poistného ventilu ev. č.:	SFV 25
Umiestnenie poistného ventilu:	Separátor NH3 (-0,5 °C), v.č. 3089
Menov. svetlosť vstupu DN1, výstupu DN2 :	25/32 (závitový spoj)
Menovitý tlak vstupu PN1, výstupu PN2 :	40
Mat. telesa príp. súč. určujúce teplotu použ.:	-
Pracovná látka :	amoniak
Teplota pracovnej látky [°C]:	-30 až +100
Otvárací tlak p [MPa] :	1,60

Poistný ventil bol podrobený týmto kontrolám a skúškam :

	1	Kontrola povrchu a rozmerov			Výsledok kontroly			Vyhovuje
		Druh skúšky	Skúšobná látka	Skúšobný pretlak [MPa]	Skúšobná teplota [°C]	Skúšobná doba [min]	Podľa STN 13 4309-2	Výsledok skúšky
Skúšky za studena	2	Pevnosti a nepriepustnosti vstup. časti	voda, dusík	1,60	20	10	článok 5.4	Vyhovuje
	3	Pevnosti a nepriepustnosti výstup. časti	voda, dusík	1,60	20	10	článok 5.5	Vyhovuje
	4	Pohyblivosti kúžeľky	dusík	1,60	20	10	článok 5.8	Vyhovuje
	5	Otváracieho tlaku	dusík	1,60	20	10	článok 5.8	Vyhovuje
	6	Tesnosti	dusík	1,45	20	10	článok 5.9	Vyhovuje
Skúšky za tepl	7	Pohyblivosti kúžeľky	-	-	-	-	článok 5.8	-
	8	Otváracieho tlaku	-	-	-	-	článok 5.8	-
	9	Tesnosti	-	-	-	-	článok 5.9	-
	10	Aretácia a zaplombovanie zoradených prvkov : vykonané						
Poznámka : v stĺpci „výsledok skúšky“ sa uvedie buď „vyhovuje“ alebo vodorovná čiarka „-“ pokiaľ skúška nebola prevedená								

Použité prístroje :

Kontrolný tlakomer D 160, typ. 13313, v.č. 160-877-2007, rozsah 0-4 MPa, trieda presnosti 1, certifikát o kalibrácii č. 081/2015 zo dňa 19.3.2015

Vyhľadávač netesnosti - penový spray DG-5170CN0340

Lapovací stroj EFCO, SMS 450, v.č. 10.045.0070, skúšobný plyn Dusík N2, pos.meradlo, lupa, svetidlo

Skúšané za studena :	Skúšal :	Ing. Ľubomír MANÍK
Skúšané za tepla :	Číslo osved.:	0049/40/11/TZ A Ab1,b2 Bb1,b2,c, e2,f1/OS

Záver : Na základe vykonaných skúšok je poistný ventil možné použiť na TNS.

Umiestnenie chladiaceho zariadenia

V zmysle STN EN 378-3, čl. 4

Všeobecne - Chladiace zariadenie sa môže umiestniť:

7. vonku na voľnom priestranstve;
8. vnútri strojovne;
9. v zaplnenom priestore;
10. v nezaplnenom priestore;
11. vo vetranej ohrade.

Chladiace zariadenie umiestnené vnútri strojovne - ak sa na umiestnenie celého chladiaceho zariadenia alebo vysokotlakovej strany zariadenia vyberie/zvolí strojovňa, musí spĺňať požiadavky STN EN 378-1, čl.5.1 až 5.15. Ak náplň chladivá presahuje zaužívané medze uvedené v EN 378-1, chladiaci systém je dovolené umiestniť len v osobitnej strojovni. Chladiace systémy s obmedzujúcimi bezpečnostnými zariadeniami uvedenými v EN 378-2: 2008, kapitola 6, a vyznačené v blokovej schéme je dovolené umiestniť len v osobitných strojovniach.

STROJOVNĽA

V zmysle STN EN 378-3 čl. 5.1 až 5.15

Všeobecne - ak sa to vyžaduje európskou normou STN EN 378, musia sa z bezpečnostných dôvodov zhotoviť strojovne alebo osobitné strojovne na umiestnenie kompresorov a častí chladiacich systémov, predovšetkým tých, ktoré sa nachádzajú na vysokotlakovej strane.

- a) strojovne môžu slúžiť na umiestnenie chladiaceho zariadenia, ale nemusia slúžiť výhradne len na toto zariadenie;
- b) musí sa zabrániť tomu, aby chladivo unikajúce zo strojovni vnikalo do susedných miestností, schodísk, nádvorí, chodieb alebo kanalizačných sústav budovy, pričom unikajúci plyn sa musí bez rizika odvetrávať;
- c) v prípade nebezpečenstva musí byť možné okamžite opustiť strojovňu;
- d) prívod vzduchu pre spaľovacie motory, kotly alebo vzduchové kompresory sa musí odoberať z miesta, kde sa nevyskytuje nijaké chladivo. Ak sa takéto zariadenie inštaluje v osobitnej strojovni, vzduch sa musí dodávať z vonkajšieho priestoru;
- e) v strojovni sa nesmú skladovať horľavé materiály okrem chladív a olejov nevyhnutných na obsluhu (údržbu);
- f) diaľkový spínač na zastavovanie chladiaceho zariadenia sa musí umiestniť zvonka a v blízkosti dverí strojovne;
- g) musí sa zaistiť mechanické vetranie. Mechanické vetranie sa musí vybaviť nezávislým núdzovým ovládaním umiestneným zvonka strojovne a v blízkosti dverí strojovne;
- h) vonkajšie otvory nesmú byť pod schodiskami núdzového východu;
- i) všetky potrubia a kanály, ktoré prechádzajú cez steny, stropy a podlahy strojovni, sa musia nepriepustné utesniť;

- j) musí byť dostupný príslušný hasiaci prístroj;
- k) musia byť dostupné poplachové zariadenia a detektory ako sa vyžaduje v kapitolách 7 a 8.

Zaplnenie strojovni - ak sú strojovne zaplnené zo závažného dôvodu, napríklad využívajú sa ako pracovisko pre údržbu, musia sa považovať za zaplnené priestory kategórie zaplnenia „C“ „zaplnenosť len s oprávneným prístupom“. Ak vlastník budovy alebo používateľ zaistí, že prístup je dovolený vyškoleným osobám vykonávajúcim nevyhnutnú údržbu v strojovni, alebo ak podnik a/alebo oprávnená osoba vykonáva údržbu na chladiacom zariadení, potom sa strojovňa musí považovať za nezaplnenú.

Odvetranie - musí sa zabrániť tomu, aby chladivo vnikalo do susedných miestností, schodísk, nádvorí, chodieb alebo do kanalizačných sústav budovy, pričom unikajúci plyn sa musí odvetrať do vonkajšieho okolia.

Aby sa zabránilo akémukoľvek úniku chladivá zo vstupujúceho prúdu vzduchu, vzduch sa musí viesť do zaplneného priestoru a zo zaplneného priestoru cez strojovňu utesneným potrubím.

Núdzový stav - v prípade núdzového stavu sa musia urobiť opatrenia na uľahčenie okamžitého výstupu zo strojovne.

Aspoň jeden z núdzových východov sa musí otvárať priamo do vonkajšieho priestoru alebo musí viesť do chodby k únikovému východu.

Dvere v núdzových východoch musia byť také, aby sa dali otvárať ručne zvnútra (opatrenie proti vzniku paniky).

Spaľovacie zariadenie - ak sú chladiace zariadenie a spaľovacie zariadenie alebo vzduchové kompresory umiestnené v tej istej strojovni, prívod vzduchu pre spaľovacie zariadenie alebo vzduchové kompresory sa musí priviesť potrubím zvonka tak, aby chladivo nemohlo vniknúť do prívodu vzduchu.

Otvorený oheň - v strojovniach alebo osobitných strojovniach sa nesmú dovoliť otvorené plamene okrem zvárania, spájkovania alebo podobných činností, pričom sa zaistí sledovanie koncentrácie chladivá a primerané odvetranie. Takéto otvorené plamene sa nesmú ponechať bez dozoru.

Skladovanie - strojovne sa nesmú používať na skladovanie. Výnimku tvorí nevyhnutný olej do kompresora. Akékoľvek chladivá, horľavé alebo toxické materiály sa musia skladovať v súlade s vyžadovanými národnými predpismi.

Diaľkový núdzový spínač - diaľkový spínač na zastavenie chladiaceho zariadenia musí byť na vonkajšej strane miestnosti v blízkosti dverí strojovne. Podobný náhradný spínač sa musí umiestniť na vhodnom mieste vnútri miestnosti. Spínače musia spĺňať požiadavky na núdzové spínače podľa EN ISO 13850 a EN 60204-1.

Vonkajšie otvory strojovni - vonkajšie otvory sa nesmú nachádzať bližšie ako 2 m od schodísk núdzových východov z budovy, napríklad okien, dverí, vetracích otvorov.

Potrubia a kanály - všetky potrubia a vetracie kanály, ktoré prechádzajú cez steny, stropy a podlahy strojovni, musia sa utesniť tam, kde prechádzajú cez steny, stropy alebo podlahy. Tesnenie musí mať aspoň také isté vlastnosti požiarnej odolnosti ako steny, stropy alebo podlahy.

Normálne osvetlenie - do priestorov obsahujúcich chladiace zariadenie sa musia vybrať a umiestniť nehybné zdroje svetla tak, aby poskytovali primerané osvetlenie na bezpečnú prevádzku. Intenzita osvetlenia a umiestnenie musia byť podľa požiadaviek národných predpisov. Vlákná svetiel v strojovniach obsahujúcich chladiace systémy s R717 sa musia chrániť krytmi proti rozstrekú (EN 50014 IPX 4).

Núdzové osvetlenie - musí sa zaistiť sústava nehybného núdzového osvetlenia, primeraná na to, aby umožňovala manipuláciu s ovládačmi a evakuáciu osôb v prípade zlyhania normálneho osvetlenia. Intenzita osvetlenia a umiestnenie musia byť podľa požiadaviek národných predpisov.

Výstražné nápisy a prístup - strojovne alebo osobitné strojovne sa musia zreteľne označiť na vchodoch do miestnosti spolu s výstražnými nápismi upozorňujúcimi, že nepovolane osoby nesmú vojsť do miestnosti a že fajčenie, otvorené svetlo alebo plamene sú zakázané. Nápisy musia takisto uvádzať, že len poverené osoby oboznámené s postupom v prípade núdzového stavu môžu rozhodnúť, či možno vojsť do strojovne v prípade núdzového stavu.

Navyše musia byť vyvesené výstrahy zakazujúce neoprávnenú obsluhu zariadenia.

Rozmery a prístupnosť - rozmery strojovne musia umožniť ľahkú inštaláciu a dostatočný priestor na obsluhu, údržbu, prevádzku, opravu a demontáž chladiaceho zariadenia vrátane dostatočného priestoru pre osoby, ktoré majú oblečené osobné ochranné prostriedky. Ak je to nevyhnutné, musia sa zaistiť mostíky a pevné rebríky, aby sa zabránilo státiu alebo chôdzi po potrubí, armatúrach, ich podperách, podperných konštrukciách a komponentoch počas prevádzky, údržby, kontroly a opravy chladiaceho systému. Pod zariadením umiestneným nad priechodmi a trvalými pracoviskami musí byť svetlá výška aspoň 2,1 m. Požiadavky na pracovné lešenie musia byť podľa EN ISO 14122-2.

Dvere a otvory - strojovne musia mať dvere, ktoré sa otvárajú smerom von, a ich dostatočný počet na to, aby sa zaistil voľný únik osôb v prípade núdzového stavu.

Počet osôb v miestnosti je stanovený jej využitím. Dvere sa musia vhodne utesniť, musia byť samozatváracie a musia sa skonštruovať tak, aby sa dali otvoriť zvnútra (opatrenie proti vzniku paniky). Dvere sa musia zhotoviť použitím materiálov a konštrukcie, ktorá sa skúša podľa EN 1634 atak, aby zaistili odolnosť proti požiaru v trvaní aspoň 1 h. Nesmú tam byť nijaké otvory, ktoré umožňujú mimovoľný prechod unikajúceho chladivá, pár, zápachov a všetkých ostatných plynov do iných častí budovy.

Steny, dlážka a strop - steny, dlážka a strop medzi vnútrom budovy a strojovňou musia byť odolné proti požiaru aspoň 1 h a musia sa nepriepustne utesniť. Materiály a konštrukcia musia byť podľa EN 1363, EN 1364 a EN 1365.

Obslužné kanály - obslužné kanály musia vyhovovať požiadavkám EN 1366 časť 1 a 2 a musia sa utesniť tak, aby sa minimalizoval únik do obslužného kanála a musia mať takú istú odolnosť proti požiaru ako steny a dvere. Obslužné kanály vrátane priechodov a prielezov, ktoré obsahujú potrubie na chladivá, musia sa vetrať do bezpečného miesta, aby sa zabránilo nebezpečnému hromadeniu výparov v prípade úniku. Nie je to nevyhnutné, ak je strojovňa zatriedená ako priestor zaisťujúci sebestačnú odolnosť proti požiaru, avšak v tomto prípade sa vyžaduje príslušné protipožiarne prielezové veko.

Kovový plech na kanály normálneho a núdzového vetrania musí byť podľa EN 1507 a podpery podľa požiadaviek EN 12236. Po montáži sa musia všetky obruby a spoje utesniť, aby sa minimalizoval únik plynu z kanála. Vetrací kanál musí mať tú istú odolnosť proti požiaru ako dvere a steny strojovne.

Umiestnenie - strojovňa sa musí umiestniť podľa miestnych a národných predpisov, pričom v prípade R717 to môže závisieť od množstva náplne v chladiacom zariadení.

Núdzové odsávacie vetranie - ventilátor núdzového odsávacieho vetrania musí byť buď:

- a) s motorom mimo prúdu vzduchu, alebo
- b) stanovený pre nebezpečné priestory podľa požiadaviek 6.2.13 v EN 378-2.

Ventilátor sa musí umiestniť tak, aby sa zabránilo zvýšeniu tlaku odsávacieho potrubia v strojovni.

Ventilátor nesmie vytvárať iskrenie v prípade dotyku s materiálom potrubia.

Vývod z odsávacieho vetrania musí byť podľa národných predpisov. Vývod nesmie byť zakrytý, ale musí sa vybaviť prostriedkami, ktoré zadržia smeti, odpadky, lístie a vtáky pred vniknutím. Dno akéhokoľvek stúpajúceho potrubia s otvorom von musí mať odvodňovací otvor s lapačom dažďovej vody a prístup na kontrolu.



Požiarne rozstrekovacie systémy - v strojovniach s chladiacimi zariadeniami R717 požiarne rozstrekovacie (vodné) systémy nie sú dovolené.

Dodatočné požiadavky na inštalácie s R717

V zmysle STN EN 378-3, čl. 5.17.2

Odvodnenie - aby sa zabránilo rozliatiu R717 do povrchových vôd, musí sa zhotoviť a inštalovať zberný systém v súlade s národnými predpismi. Dlážka strojovne sa musí zhotoviť tak, aby sa zabránilo pri vyliatí kvapaliny R717 vytekaniu z miestnosti. Odvodňovací otvor zo zberného systému musí byť normálne uzavretý.

Osobitná výbava na núdzové vymývanie - pri všetkých zariadeniach, ktoré používajú R717 alebo iné chladivá leptajúce pokožku, prípadne dráždiace oči, musí byť ľahko prístupné príslušenstvo na vymývanie očí (napríklad nádobka na vymývanie očí).

V prípade zariadení s náplňou chladivá nad 1 000 kg sa musí zvonka núdzového východu zo strojovne umiestniť núdzová sprcha, ktorá poskytuje prietok vody aspoň 50 l/s teplej od 25 °C do 30 °C.

Požiarné rozstrekovacie systémy - v strojovniach s chladiacimi zariadeniami R717 požiarné rozstrekovacie (vodné) systémy nie sú dovolené.

Výstražné upozornenie

V zmysle STN EN 378-3, čl. 9.2

Strojovne sa musia zreteľne označiť na vchodoch spolu s výstražnými nápismi, ktoré uvádzajú, že osoby bez poverenia nesmú vstupovať dnu a že fajčenie, otvorený zdroj svetla alebo plamene sú zakázané. Navyše musia výstražné upozornenia uvádzať zakázané nedovolené činnosti súvisiace so zariadením. V zaplnenom priestore musí byť zreteľne viditeľné upozornenie vyznačujúce postupy na prijatie určitých opatrení v prípade poplachu.

Údržba a preventívne opatrenia

V zmysle STN EN 378-3, čl. 9.4

Údržba - Používateľ/vlastník alebo osoba oprávnená zastupovaním musí pravidelne kontrolovať poplachové zariadenia, mechanické vetranie a detektory aspoň raz ročne, aby sa zaistila ich správna funkcia. Výsledky týchto kontrol sa musia zaznamenať do záznamníka. Otvory na premiestnenie, napríklad medzi miestnosťami, v zaplnených priestoroch sa musia skontrolovať, aby sa potvrdilo, že nijaká prekážka nebude zabraňovať voľnému priechodu vzduchu.

Vetrание

V zmysle STN EN 378-3, čl. 5.16

Všeobecne - vetranie strojovni musí byť dostatočné ako pre normálne prevádzkové podmienky, tak aj pre núdzové stavy. Strojovne sa musia odvetrávať do vonkajšieho priestoru pomocou mechanického vetrania v prípade úniku chladivá z dôvodu netesnosti alebo prasknutia komponentov. Tento vetrací systém musí byť nezávislý od akéhokoľvek iného vetracieho systému v zamýšľanom mieste.

Musia sa urobiť opatrenia na dostatočný prívod vonkajšieho náhradného vzduchu a jeho dobré rozptýlenie nad osobitnou strojovňou, aby sa zabránilo nevetraným pásom. Otvory na prívod vonkajšieho vzduchu sa musia umiestniť tak, aby sa zabránilo späťnej cirkulácii do miestnosti.

Vetrание pri normálnych prevádzkových podmienkach alebo v prípade, že strojovňa je zaplnená - vetrание musí byť v súlade s národnými predpismi, pričom sa vzduch musí vymeniť 4-krát/h, ak strojovňa je zaplnená.

***Núdzové mechanické vetrание** - ak sa vyžaduje detekcia plynu podľa STN EN 378-3 kapitoly 8, potom sa musí pomocou detektora (detektorov) aktivovať systém núdzového mechanického vetrания umiestneného v strojovni. Detektory musia byť podľa kapitoly 8.*

Mechanické vetrание sa musí vybaviť aj dvoma nezávislými núdzovými ovládačmi, pričom jeden ovládač je umiestnený zvonka strojovne a druhý vnútri strojovne.



Obrázok Núdzový absorpčný ventilačný systém zabezpečujúci, aby sa pary chladiva nedostali mimo objekt strojovne chladenia pomocou vodnej sprchy.

***Vyžadovaný prietok vzduchu pre núdzové mechanické vetrание** - mechanické vetrание musí zaistiť prietok vzduchu aspoň s množstvom, ktoré sa získa z tohto vzorca:*

$$V=14 \times 10^{-3} \cdot m^{2/3}$$

kde

V – prietok vzduchu v [m³/s]

m - hmotnosť náplne chladivá v chladiacom zariadení s najväčšou náplňou, ktorej akákoľvek časť je umiestnená v strojovni v [kg]

14×10⁻³ – prevodový súčiniteľ

Núdzový ventilačný systém zabezpečujúci výmenu vzduchu 15-krát za hodinu je dostačujúci.

***Otvory na mechanické vetrание** - otvory na mechanické vetrание sa musia urobiť na takých miestach a musia mať také rozmery, aby umožňovali dostatočný prietok vzduchu v závislosti od vlastností chladivá, voľby prívodu alebo vývodu a výkonu ventilátora. Otvory na prívod a vývod sa musia usporiadať tak, aby sa chladivo odsalo pri všetkých podmienkach úniku chladivá.*

Bezpečnostné poplachové zariadenia

V zmysle STN EN 378-3, čl.7

Všeobecne - ak sa poplachové zariadenie využíva na upozornenie úniku v strojovni a/alebo v priestore zaplnenom osobami, poplachové zariadenie musí upozorniť na únik chladivá podľa STN EN 378-3 čl. 7.3. Poplachové zariadenie sa musí zapnúť signálom z detektora podľa STN EN 378-3 čl. 8. Poplachové zariadenie musí takisto varovať oprávnenú osobu, aby vykonala príslušný úkon.

Pripojenie poplachového zariadenia - v prípade, kde je inštalované poplachové zariadenie, zdroj energie poplachového zariadenia musí byť nezávislý od zdroja energie mechanického vetrania.

Varovné poplachové zariadenie - poplachové zariadenie musí varovať aj zvukom, aj vizuálne, a to aj hlasitým bzučaním (15 dBA nad hladinou pozadia), aj blikajúcou žiarovkou. Poplachové zariadenie musí varovať aj vnútri, aj zvonka strojovne alebo aspoň vnútri priestoru, ak sa používa v zaplnenom priestore. V hotelových a podobných zariadeniach poplachové zariadenie musí takisto varovať na miestach dohľadu, ako je miesto nočného vrátnika, ako aj v zaplnenom priestore. Vonkajšie poplachové zariadenie sa môže inštalovať v dozorných miestnostiach alebo na iných miestach dohľadu.

Dodatočné požiadavky na poplachové zariadenie pre zariadenia s R717 s náplňou nad 3 000 kg

Používateľ/vlastník chladiaceho zariadenia musí zaistiť stále obslužné stanovište ako ústredné stanovište poplachového zariadenia. Špeciálny personál musí byť na mieste do 60 min. od poplachu. Personál môže byť takisto informovaný o poplachu technickými prostriedkami, napríklad mobilným telefónom, pagerom.

Detektory

V zmysle STN EN 378-3, čl. 8

Všeobecne - vo výbave strojovni pre chladivá s $ODP^{*}) > 0$ alebo $GWP^{*}) > 0$ musia byť systémy detekcie chladivá, ak náplň v sústave je väčšia ako 25 kg. Systémy detekcie chladivá musia byť vo výbave strojovni pre akékoľvek chladivá preto, aby spustili poplachové zariadenia a aby sa do činnosti uviedlo vetranie, ak úroveň stúpne na 25 % LFL^{*)} alebo na 50 % ATEL/ODL. V prípade chladív s charakteristickým zápachom pri koncentráciách pod ATEL/ODL, napríklad R717, sa však detektory na toxicitu nevyžadujú.

Ak koncentrácia chladivá môže prekročiť zaužívanú hranicu podľa EN 378-1: 2008 príloha C, detektory musia uviesť do činnosti poplachové zariadenie a v prípade strojovne s núdzovým mechanickým vetraním musia tieto detektory vyhovovať nasledujúcim požiadavkám.

Umiestnenie detektorov - umiestnenie detektorov sa musí zvoliť v závislosti od chladivá a detektory sa musia umiestniť tam, kde sa bude uniknuté chladivo zhromažďovať.

Počet detektorov - v každej strojovni alebo v zamýšľanom zaplnenom priestore a/alebo v najnižšej podzemnej miestnosti pre chladivá ťažšie ako vzduch a v najvyššom mieste pre chladivá ľahšie ako vzduch sa musí nainštalovať aspoň jeden detektor.

Funkcia detektora - senzor musí zistiť nedostatok kyslíka alebo chladivá a musí vyhovovať požiadavkám STN EN 378-3 čl. 8.5 a 8.6.

Typ a činnosť detektora - možno použiť akýkoľvek vhodný detektor, ktorý musí vysielateľ elektrický signál pri vopred nastavenej hodnote chladivá alebo koncentrácie kyslíka (vopred nastavená hodnota) a ktorý uvádza do činnosti uzatváracie ventily, poplachové zariadenie alebo mechanické vetranie. Vopred nastavená hodnota pre detektor chladivá musí byť polovičnou alebo menšou hodnotou zaužívanej medze koncentrácie podľa prílohy E v EN 378-1: 2008. Vopred nastavená hodnota pre detektor nedostatku kyslíka musí byť 18 % alebo viac z hodnoty koncentrácie kyslíka. Detekcia pri vopred nastavenej hodnote sa musí zaistiť s prihliadnutím na citlivosť detektora vrátane prihliadnutia na toleranciu združeného napätia $\pm 10\%$. Pre každý druh používaného detektora sa musí stanoviť vhodný časový interval údržby.

Konštrukcia a inštalácia - konštrukcia detektora musí byť dostatočne pevná, aby sa zabránilo poškodeniu. Konštrukcia a inštalácia detektora sa musí zhotoviť tak, aby sa umožnil prístup, kontrola a oprava autorizovanou osobou.

Detektor sa musí inštalovať tak, aby sa jeho funkcia dala ľahko overiť. Detektor sa musí chrániť pred prístupom nepoverených osôb, aby sa zabránilo poškodeniu alebo prestaveniu vopred nastavenej hodnoty.

Detektory R717 - aby sa dalo varovať pred nebezpečenstvom výbuchu alebo požiaru na zariadení v osobitnej strojovni a na účely ovládania pri veľkosti náplne väčšej ako 50 kg, vyžaduje sa detektor R717, ktorý musí fungovať pri koncentrácii nepresahujúcej:

- 350 mg/m³ (500 ppm V/V) v strojovniach (dolná hladina poplachového zariadenia);
- 21 200 mg/m³ (30 000 ppm V/V) (horná hladina poplachového zariadenia).

Pri dolnej hladine poplachového zariadenia sa musí uviesť do činnosti poplachové zariadenie a mechanické vetranie. Pri hornej hladine poplachového zariadenia sa musí chladiaca sústava automaticky zastaviť. Pri hornej hladine poplachového zariadenia sa musí zastaviť aj prívod energie pre chladiivo do osobitnej strojovne, ako aj núdzové vetranie, ak sa nevykonajú špeciálne opatrenia.

Ak strojovňa chladenia obsahuje len kompresory alebo kompresorové jednotky, nad kompresory alebo jednotky sa musí umiestniť aspoň jeden detektor. Miesto utesnenia čerpadiel chladenia buď v strojovni alebo v iných priestoroch sa musí takisto sledovať detektorom namontovaným nad čerpadlami a v blízkosti nich.

Detektory musia byť vhodné na ich použitie a musia sa kalibrovať poverenou inštitúciou.

Aby sa zistila prítomnosť chladivá v okruhu, v ktorom je náplň R717 väčšia ako 500 kg, musia sa do okruhu prenosu tepla nepriamych systémov, napríklad do okruhov s vodou alebo glykolom začleniť detektory R717. Tieto detektory musia uviesť do činnosti poplachové zariadenie v strojovni a tam, kde je to možné, v riadiacom systéme obsluhy, ale nemusia spustiť svetelné znamenia alebo klaksóny a nemusia iniciovať evakuáciu.

Osobné ochranné prostriedky (OOP)

Všeobecné požiadavky

V zmysle STN EN 378-3 príloha A.1

Druh ochranných prostriedkov - osobné ochranné prostriedky schválené miestnou záchrannou službou a primerané k množstvu a druhu chladivá majú byť ľahko dostupné.

Prístupnosť - prostriedky na bezpečnosť osôb majú byť ľahko prístupné.

Umiestnenie - prostriedky na bezpečnosť osôb sa majú starostlivo umiestniť a zabezpečiť proti nevhodnému zasahovaniu, zvyčajne mimo miestnosti, v ktorej môže unikať chladivo, ale v blízkosti vchodu do tejto miestnosti.

Kontrola a údržba - osobné ochranné prostriedky a prostriedky na použitie v núdzových situáciách sa majú pravidelne kontrolovať a udržiavať podľa odporúčaní výrobcu. Ak sa zistia chyby alebo nedostatky, prostriedky sa majú bezodkladne vymeniť.

POZNÁMKA 1.-Rozsah poskytnutých osobných ochranných prostriedkov a prostriedkov na použitie v núdzových situáciách sa má schváliť miestnou záchrannou službou (hasičským zborom), napríklad druhmi a počtami vyžadovaných ochranných dýchacích prostriedkov.

POZNÁMKA 2. - Počas plánovanej údržby chladiacich systémov sa majú prostriedky na bezpečnosť osôb schváliť a poskytnúť na vykonanie údržby údržbárskej spoločnosti.

Teplota - ochranné prostriedky dýchacích orgánov majú byť vhodné na použitie pri teplote nižšej ako teplota, ktorú dosiahne zariadenie, alebo pri klimatických podmienkach okolia v závislosti od použitia.

Respirátory - filter ochranných respirátorov má byť vhodný pre použité chladivo a/alebo produkty rozpadu, ktoré môžu vzniknúť z chladivá v dôsledku pôsobenia otvoreného plameňa alebo požiaru. K dispozícii majú byť vždy náhradné vložky do filtra.

POZNÁMKA 1.-V prípade chladív so zníženým obsahom kyslíka, napríklad CFC/HCFC/HFCs, HCs a CO₂ sa masky na tvár alebo plynové masky nesmú používať.

POZNÁMKA 2. - Vložky do filtrov sa zvyčajne označujú farebným kódom a symbolickým kódom na výpary, na ktoré sú vhodné. Pozri EN 14387.

POZNÁMKA 3. - Respirátor má byť vhodný pre osobu, o ktorej možno zvyčajne predpokladať, že ho bude používať a ktorá sa dokonale vyzná v jeho používaní. Obsluha sa má dôkladne a pravidelne oboznamovať o tom, ako sa respirátor používa.

POZNÁMKA 4. - V prípade chladiacich zariadení, kde je zamestnaných niekoľko osôb na zabezpečenie prevádzky a údržby zariadenia, má mať každá z nich a aj všetci prístup k respirátorom vhodného typu, s ktorým sú dokonale oboznámení.

POZNÁMKA 5. — Ochranné prostriedky dýchacích orgánov sa majú udržiavať podľa pokynov/odporúčaní výrobcu a kontrolovať v pravidelných intervaloch aj vtedy, ak sa nepoužili. Ak sa respirátory s vložkami do filtrov použili, pri každej príležitosti sa má zaznamenať čas použitia respirátora. Ak je to nevyhnutné, vložka sa má vymeniť. Má sa zaznamenať dátum obstarania nových vložiek.

Zvyčajné použitie

V zmysle STN EN 378-3 príloha A.2

Každej osobe vykonávajúcej údržbu, opravu a regeneráciu sa majú poskytnúť na použitie osobné ochranné prostriedky:

a) pre všetky chladivá bez ohľadu na vlastnosti chladivá - ochranné rukavice a ochrana očí;

b) pre chladivá skupiny B2 - ochranné prostriedky dýchacích orgánov podľa EN 132, EN 133, EN 134, EN 135, EN 136, EN 14593-1, EN 14593-2 a EN 14594.

Núdzové použitie

V zmysle STN EN 378-3 príloha A.3

Všeobecne - zariadenia na núdzové použitie majú poskytovať tieto prostriedky:

- ochranné prostriedky dýchacích orgánov podľa EN 132, EN 133, EN 134, EN 136, EN 137, EN 14387 a EN 14594;
- prostriedky na prvú pomoc;
- ochranný respirátor s filtrom (maska na celú tvár) alebo samostatný dýchací prístroj.

Ochranné prostriedky dýchacích orgánov - ochranné prostriedky dýchacích orgánov majú byť vhodné na použité chladiivo. Ak sa samostatné dýchacie prístroje držia na mieste (so súhlasom miestnej záchrannej služby), majú sa udržiavať kvalifikovanými osobami v pravidelných časových intervaloch a majú ich používať len vhodne vyškolené osoby, ktoré sú s nimi dobre oboznámené a môžu vyznačiť druh a model dostupného prostriedku.

Prostriedky na prvú pomoc - prostriedky na prvú pomoc, lieky a špeciálne chemikálie súvisiace s použitými chladivami spolu s ochrannými prikrývkami a pod. majú byť dostupné a majú sa uskladniť mimo strojovne, ale v blízkosti vchodu.

Osobitná pozornosť sa má venovať prostriedkom na urýchléné ošetrovanie poranenia očí.

Lieky a iné chemikálie medzi prostriedkami na prvú pomoc sa majú poskytnúť len po konzultácii s lekáarskymi odborníkmi.

Núdzové sprchy (dážď) - ak sa používa chladiivo R717 alebo iné chladivá leptajúce pokožku alebo dráždiace oči, má byť vo výbave príslušenstvo na vypláchnutie očí (napríklad nádobka na výplach očí) a pri náplni chladivá nad 1 000 kg sa má navyše inštalovať núdzová sprcha.

Voda pre sprchy má byť s termostatickým ovládaním (zmiešavanie horúcej/studenej vody), aby sa zabránilo poraneniu osôb šokom z nízkej teploty (pozri STN EN 378-3 čl. 5.17.2.2).

Ochranné pomôcky

Ochranné pomôcky patria k veľmi potrebným zákrokom pri zvýšení nebezpečenstva v strojovni. Preto musíme dbať o ich bezchybný stav ich použiteľnosť a pohotovosť.

Poskytovanie osobných ochranných pracovných prostriedkov odevov a obuvi pracovníkom strojovne:

Názov OPP	Počet kusov	Doba použitia (v mesiacoch)
Odev keprový impregnovaný	1	12
Rukavice prstové kožené	1	oproti vráteniu poškodenej PP
Rukavice gumene	1	-- " -- PP

Čižmy gumené	1	24
Topánky kožené	1	12
Ochranná maska M5 s filtrom K2	1	PP
Vzduchový dýchací prístroj Saturn		najmenej pre obsadenie 1 smeny
Havarijný oblek Sunit		-- „ --
Oblek ochranný s otepľov. vložkou	1	36
Obuv kožená zimná	1	36
Čiapka ušianka pre zimné obdobie	1	36
Chránič sluchu	1	12
Ochranný štítok plexi	1	oproti vrátenie PP

Spomínané ochranné pomôcky majú prispieť k ochrane zdravia pracovníkov strojovne. Pridelené ochranné pomôcky sú pravidelne kontrolované a tiež sa vyžaduje ich používanie pri rôznych prácach v strojovni a ďalších častiach zariadenia. Ochranné pomôcky je možné si objednávať podľa príslušného katalógu :

„ Katalóg osobných ochranných pracovných prostriedkov,„

Vzduchové dýchacie prístroje sú značky SATURN, ktoré vyrába výrobca: MEVA Roudnice

Havarijný oblek „ SUNIT “ je dvojdielny celogumový odolávajúci tiež kyselinám a dokonale chráni proti postriekaniu tela chladiacou kvapalinou. Používa sa spolu s ochrannou maskou a filtrom.

Požiadavky na vybavenie pracovníkov obsluhy ochrannými pomôckami, prístrojmi a náradím

JKZ	Zamestnanie - povolanie	KZAM	Pracovné riziká, pri ktorých zamestnávateľ poskytuje osobné ochranné prostriedky
39	Ostatní robotníci - spracovatelia (výrobcovia, opravári a údržbári)	722, 723,	2R-Hluk a vibrácie, 3R-Pád materiálu, pád pracovníka, údery, nárazy, porezanie, 4R-Prašné prostredie, 7R-Chemikálie, poleptanie, potriesnenie, nadýchanie, 8R-Úrazy elektrickým prúdom
39 1	Mechanici strojových zariadení - opravári a údržbári	724, 731	12R-Možnosť úrazu dopravnými alebo manipulačnými prostriedkami, 13R-Úlet častí materiálu

1. RIZIKO		
Popis rizika	Doporučený osobný ochranný pracovný prostriedok	
HLUK A VIBRÁCIE	N 75	- ušné zátky - plastické chrániče sluchu
	N 115	- slúchadlové chrániče sluchu
	N 130	- protihluková prilba
VIBRÁCIE		- antivibračné rukavice

2. RIZIKO		
Popis rizika	Doporučený osobný ochranný pracovný prostriedok	
Pád materiálu, pád pracovníka, úde-ry, nárazy, rozdrvenie, porezanie a poškrabanie.	- ochranná prilba - obuv kožená s protišmykovou podrážkou, vystuženou špicou - rukavice kožené - ochranný oblek letný - bezpečnostný pás s prídavným lanom, s brzdiacim zariadením - plátená čiapka pod prilbu	

3. RIZIKO		
Popis rizika	Doporučený osobný ochranný pracovný prostriedok	
PRAŠNÉ PROSTREDIE	- okuliare ochranné prachotesné - respirátor - ochranná prikrývka hlavy - odev protiprašný alebo kombinéza - protiprachové filtre - rukavice kožené - obuv kožená s protišmykovou podrážkou - dýchací prístroj	

4. RIZIKO		
Popis rizika	Doporučený osobný ochranný pracovný prostriedok	
Chemikálie, poleptanie,	- kyselinovzdorné rukavice - čižmy gumové alebo kyselinovzdorné /vzorujúce aj alkáliám, rozpúšťadlám/ - obuv kožená s protišmykovou podrážkou	

potriesnenie, nadýchanie	- respirátor, rúška na tvár, dýchací prístroj - ochranné okuliare, obličajová maska, obličajový štít - prikrývka hlavy - protichemická pláštenka - ochranná maska celohlavová - ochranná kombinéza celotelová
-----------------------------	--

5. RIZIKO	
Popis rizika	Doporučený osobný ochranný pracovný prostriedok
ÚRAZY ELEKTRICKÝM PRÚDOM	- dielektrické rukavice - dielektrická obuv s protišmykovou podrážkou - ochranné okuliare - prikrývka hlavy, prilby - dielektrický koberček

6. RIZIKO	
Popis rizika	Doporučený osobný ochranný pracovný prostriedok
ÚLET ČASTÍC MATERIÁLU	- ochranné okuliare alebo štít - prikrývka hlavy - ochranné rukavice - ochranný oblek letný - ochranná vesta - ochranný keprový oblek

Inštrukčná príručka

V zmysle STN EN 378-3 čl. 9.1

Pokyny, ktoré sa vzťahujú na zariadenie podľa STN EN 378-2, musia jasne uvádzať vyžadované postupy v prípade činnosti poplachového zariadenia. V strojovni alebo v každom zaplnenom priestore sa musí uviesť zodpovedná osoba, ktorá ovláda (musia sa uviesť zodpovedné osoby, ktoré ovládajú) tieto postupy a musí (musia) mať poverenie na ich vykonanie.

STN EN 378-4 +A1 Chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá- Požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia

Časť 4 : Prevádzka, údržba, oprava a regenerácia

Pokyny na prevádzku

V zmysle STN EN 378-4, čl. 4.1

Musí sa dbať na to, aby sa pre osoby, ktoré majú na starosti prevádzku, dohľad a údržbu chladiaceho systému, zaistila primeraná inštruktáž a aby boli kompetentné vzhľadom na ich úlohy. Pozornosť

nevyhnutnosti primeranej inštruktáže osôb, ktoré majú na starosti prevádzku a dohľad, musí venovať pracovník vykonávajúci inštaláciu chladiaceho systému.

Osoby, ktoré majú na starosti chladiace systémy s obsahom viac ako 3 kg chladivá, musia mať znalosti a skúsenosti o spôsobe fungovania, prevádzky a každodennom sledovaní tohto systému.

Zmiešavanie rozličných chladív v systéme nie je dovolené za nijakých okolností. V prípade zmeny druhu chladivá sa musí postupovať podľa STN EN 378-4 čl.5.4 - Zmena druhu chladiva.

Inštruktáž osôb zabezpečujúcich prevádzku

Pred uvedením nového chladiaceho systému do prevádzky sa musí zaistiť, aby sa osoby zabezpečujúce prevádzku inštruovali na základe inštruktážnej príručky ohľadne konštrukcie, dohľadu, prevádzky a údržby chladiaceho systému, ako aj o dodržiavaní bezpečnostných opatrení, ak sa nevyhnutne vyžadujú osobné ochranné prostriedky (pozri EN 378-3: 2008, príloha Á), a o vlastnostiach použitého chladivá a manipulácii s týmto chladivom.

POZNÁMKA. - Odporúča sa, ak je to možné, aby osoby zabezpečujúce prevádzku boli prítomné v priebehu vypúšťania chladivá, plnenia chladivá, ako aj nastavovania chladiaceho systému v priebehu montáže na montážnom mieste.

Požiadavky na zneškodnenie

V zmysle STN EN 378-4 čl. 6.5

Chladivo, ktoré nie je určené na opätovné použitie - s použitým chladivom, ktoré nie je určené na opätovné použitie, musí sa zaobchádzať ako s odpadom určeným na bezpečné zneškodnenie.

Vypustenie chladív je dovolené len takým spôsobom, ktorý nie je škodlivý pre osoby, majetok a životné prostredie, a v súlade s národnými právnymi predpismi.

Absorbovaný R717 (amoniak) - po absorbovaní amoniaku vo vode sa musí s touto zmesou zaobchádzať ako s odpadom určeným na bezpečné zneškodnenie.

Strojový olej na chladenie - použitý olej regenerovaný z chladiaceho zariadenia, ktorý nemožno znova zužitkovať, musí sa skladovať vo vhodnom samostatnom kontajneri a musí sa s ním zaobchádzať ako s odpadom určeným na bezpečné zneškodnenie.

Ostatné komponenty - ostatné komponenty chladiaceho zariadenia, ktoré obsahujú chladivo alebo olej, musia sa zneškodniť správnym spôsobom.

Údržba a oprava

V zmysle STN EN 378-4, čl. 5.1

Všeobecne - každé chladiace zariadenie sa musí podrobiť preventívnej údržbe podľa inštrukčnej príručky, pozri STN EN 378-2.

POZNÁMKA 1. - Častosť takejto údržby závisí od typu, veľkosti, veku, používania ap. zariadenia. V mnohých prípadoch sa vyžaduje viac ako jeden údržbový servis v priebehu jedného roka podľa legálnych požiadaviek.

Používateľ/vlastník, ktorý má na starosti chladiaci systém, musí zaistiť, aby sa systém prehliadal, pravidelne kontroloval a dostatočným spôsobom udržiaval.

Systémy s náplňou väčšou ako 3 kg sa majú podrobiť kontrole tesnosti aspoň raz ročne. Ak sa počas prehliadky vyskytne podozrenie na netesnosť, napríklad pri kontrole teploty chladiva alebo znížení výkonu, potom sa miesto netesnosti má detekovať vhodným detekčným zariadením, má sa opraviť a po oprave znova skontrolovať podľa národných predpisov. Výsledky prehliadky a nasledujúce opatrenia sa majú uviesť do záznamníka.

Podrobná špecifikácia týkajúca sa servisnej prehliadky sa nachádza v STN EN 348-7 príloha D.

Strany, ktoré majú na starosti chladiace zariadenie, musia zaň zodpovedať aj vtedy, keď chladiace zariadenie používa iná osoba, ak sa nedohodlo iné rozdelenie zodpovednosti.

Pravidelnú údržbu, ktorá nezahŕňa nijaké zasahovanie ani nastavovanie chladiaceho zariadenia a ktorá nevyžaduje nijaké osobitné znalosti o chladení, môže vykonávať osoba príslušne kompetentná, ktorú zamestnáva zodpovedná osoba. Príkladmi takejto nešpecializovanej údržby sú čistenie výmenníkov tepla a čistenie kondenzačných sústav.

Nie je dovolené plnenie chladiaceho zariadenia takým druhom chladivá, ktoré sa nezhoduje s tým, ktoré sa uvádza na štítku zariadenia a ani so špecifikáciou výrobcu. V prípade zariadení sa musí druh chladivá zhodovať s údajom na štítku.

Zaistí sa, aby sa akékoľvek označenie na kompresore alebo zariadení vymenilo, ak sa jestvujúci text stal nečitateľným.

Údržba

V zmysle STN EN 378-4, čl. 5.2 Rozsah a časový rozvrh údržby sa musí vyčerpávajúco opísať v inštrukčnej príručke, pozri STN EN 378-2.

Údržba sa musí vykonávať takým spôsobom, aby:

- a) sa minimalizovali nehody osôb;*
- b) sa minimalizovalo poškodenie tovaru;*
- c) komponenty systému zostali v dobrom technickom stave;*
- d) sa zachoval účel a dostupnosť systému;*
- e) sa dal zistiť a odstrániť únik chladivá alebo oleja;*
- f) sa minimalizovalo plytvanie energiou.*

Ak výtlačné potrubie zariadenia na znižovanie tlaku vedie do spoločného výtlačného potrubia alebo tvorí časť zdvojenej zostavy, pri celkovej výmene zariadenia a dočasnom odmontovaní ventila z dôvodu skúšania a údržby sa pripájacie koncovky uzavrujú, napríklad pomocou zaslepovacích prírub.

Ak sa používa nepriamy systém chladenia alebo ohrievania, teplotonosná látka sa musí pravidelne kontrolovať z hľadiska zloženia a sekundárne zariadenie z hľadiska prítomnosti chladivá.

Musia sa pravidelne vykonávať skúšky tesnosti, prehliadky a kontroly bezpečnostného zariadenia podľa STN EN 378-4 príloha D.

Ak sa z chladiaceho zariadenia vypúšťa olej, musí sa to vykonať bezpečne podľa inštrukčnej príručky. Postup sa uvádza v STN EN 378-4 príloha A.

Vypúšťanie oleja z chladiaceho zariadenia

V zmysle STN EN 378-4, príloha A

Všeobecne - táto príloha platí na zariadenia zhotovené podľa STN EN 378-2.

Olej musí opatrne vypustiť kompetentná osoba.

Počas vypúšťania sa miestnosť musí účinne vetrať. Fajčenie a prítomnosť akéhokoľvek iného otvoreného ohňa alebo zdroja vznietenia sa musí zakázať.

Ak sa olej z kompresorov (alebo zo zberačov) vypúšťa pomocou vypúšťacej zátky, dôležité je, aby sa pred odstránením zátky tlak v kompresore (alebo v zberači) znížil na atmosférický tlak.

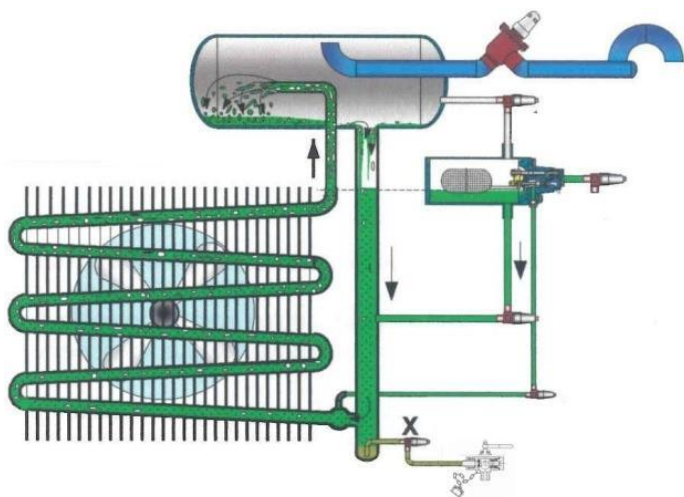
Olej sa nesmie vypúšťať do kanalizácie, žlabov, riek, zeme alebo do morskej vody.

Amoniakové systémy - Zvyčajne sú obidve strany - aj vysokotlaková, aj nízkotlaková - chladiaceho zariadenia obsahujúceho R717 (amoniak) vybavené zberačmi oleja s vypúšťacími ventilmi, aby bolo možné zachytený a nahromadený olej zo zariadenia odstrániť. Hrdlá na vypúšťanie oleja sa musia vybaviť uzatváracím ventilom a samočinne uzatváracím ventilom.

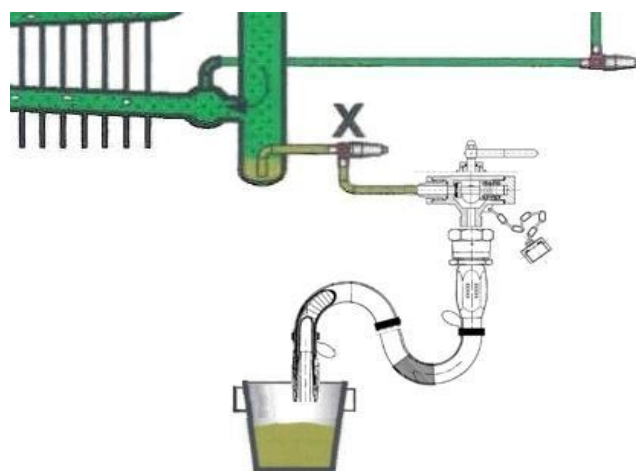
Postup vypúšťania oleja - tlak v úseku, z ktorého sa olej vypúšťa, musí byť vyšší ako atmosférický tlak. Ak je vypúšťacie hrdlo zablokované, nevyhnutná je zvýšená starostlivosť.

Hrdlá na vypúšťanie oleja sú vybavené dvoma ventilmi, jedným ručne ovládaným ventilom a jedným samočinne uzatváracím ventilom. Ak je samočinne uzatvárací ventil čiastočne otvorený a nevyteká z neho nijaký olej alebo nevychádza chladivo, musí sa rozmontovať, vyčistiť a znova nainštalovať. Zaistiť sa, aby ručne ovládaný ventil zostal počas tejto činnosti zatvorený.

POZNÁMKA : Odporúča sa, aby sa olej vypúšťal pravidelne z toho dôvodu, aby sa zabránilo poruche regulácie hladiny kvapaliny, čo môže viesť k poškodeniu kompresora alebo čerpadla.



Zapojenie odlučovača s chladičom .



Odolejovanie chladiča R717.



Pri správnom postupe



Pri nesprávnom postupe môže dôjsť k úniku chladiva R717



Pri odolejovaní musíme dodržať správny postup otvárania ventilov inak môže dôjsť k úniku chladiva.

Správny postup :

- Ako prvý otvárame samouzatvárací ventil s pákou – QDV 15
- Po otvorení QDV pozvoľna otvárame uzatvárací ventil DN15, kde súčasne sledujeme vytekanie oleja zo systému

Oprava

V zmysle STN EN 378-4, čl. 5.3

Opravy komponentov obsahujúcich chladivo sa musia vykonávať v nasledujúcom poradí, ak je to vhodné:

- a) vypracovanie analýzy rizík a posúdenie rizika navrhovanej opravy;
- b) inštrukcia opravárskej čaty;
- c) rozpojenie a bezpečnostné zaistenie komponentov, ktoré sa majú opraviť (napríklad pohonná jednotka, tlaková nádoba, potrubie);
- d) vyprázdnenie a odber;
- e) vyčistenie a prípadné odkalenie (napríklad dusíkom);
- f) odovzdanie na opravu; Zváranie alebo použitie prístrojov, ktoré vytvárajú oblúk a plameň, vyžaduje vyškolené osoby a schválený postup zvarovania alebo spájkovania.
- g) vykonanie opravy;
- h) skúšanie a kontrola opraveného komponentu (tlaková skúška, skúška tesnosti, funkčná skúška, pozri STN EN 378-2);
- i) výmena, odsatie a opätovné naplnenie chladivom.

Úniky chladiva sa musia identifikovať a opraviť kompetentnou osobou hneď, ako je to možné.

V priebehu každej pravidelnej údržby nasledujúcej po každej oprave, ak je to vhodné, musia sa vykonať aspoň tieto činnosti:

- a) všetky bezpečnostné, ovládacie a meracie zariadenia, ako aj poplachové zariadenia sa musia skontrolovať, aby sa overila ich správna činnosť a dokonalý prevádzkový stav;

- b) skúšky tesnosti sa musia vykonať na príslušnej časti chladiaceho zariadenia;
- c) odber;
- d) nastavenie množstva chladiacej náplne;
- e) funkčná skúška bezpečnostných zariadení.

Údržba a oprava vyžadujúce prítomnosť iných vyškolených osôb (napríklad zvaračov, elektrikárov, odborníkov na meranie a kontrolu a pod.) sa musia vykonať pod dohľadom osoby kompetentnej v odbore chladenia.

Zváranie a spájkovanie musí vykonávať len kompetentná osoba a len po očistení úseku podľa schváleného postupu.

Nahradenie komponentov alebo zmeny chladiaceho systému musí nariadiť a vykonať kompetentná osoba alebo poverené opravárske servisné stredisko na údržbu prenosných systémov.

Ak poistný ventil na zníženie tlaku netesní potom, ako prepustil chladivo do atmosféry, musí sa vymeniť.

Manipulácia s chladivami a ich skladovanie

V zmysle STN EN 378-4 príloha C

Všeobecne - informácie o manipulácii a skladovaní uvedené v tejto prílohe možno použiť tam, kde nejestvujú podobné kritériá v národných predpisoch.

Počas manipulácie s chladivom a jeho skladovania má byť únik chladív do ovzdušia čo najmenší.

Manipulácia

Chladivo sa má do chladiacich zariadení plniť len po tlakovej skúške a po skúške tesnosti.

Kontajnery s chladivom sa nemajú pripojiť na zariadenie pri vyššom tlaku alebo na potrubie s hydraulickým tlakom kvapalného chladivá tam, kde je tlak dostatočný na to, aby spôsobil spätné prúdenie do kontajnera. Dôsledkom spätného prúdenia do kontajnera môže byť preplnenie kontajnera. Môže to spôsobiť nebezpečné zvýšenie tlaku v kontajneri.

Plniace vedenie má byť podľa možnosti čo najkratšie a vybavené ventilmi alebo samouzatváracími prípojkami na minimalizáciu strát chladivá.

Množstvo chladivá prečerpávaného do systému sa má merať buď podľa hmotnosti, alebo objemu pomocou váhy alebo objemového plniaceho zariadenia. Ak sa plnia azeotropné zmesi, chladivo sa plní ako kvapalina podľa pokynov výrobcu chladivá. Pri plnení systému sa má venovať pozornosť tomu, aby sa jeho maximálna dovoľená náplň nikdy neprekročila (pozri C.2.7), okrem iného aj vzhľadom na nebezpečenstvo kvapalinových nárazov na kompresor. Plnenie chladivom sa má prednostne uskutočňovať v nízkotlakovej časti systému. Za miesto nízkotlakovej strany sa považuje každé miesto za zatvoreným uzatváracím ventilom v hlavnom kvapalinovom potrubí.

Pred plnením chladivá do systému sa má obsah kontajnera s chladivom starostlivo skontrolovať. Doplnenie nevhodnej látky môže spôsobiť výbuch alebo iné nehody.

Kontajnery s chladivom sa majú otvárať pomaly a opatrne. Kontajnery s chladivom sa majú odpojiť od zariadenia bezprostredne po skončení dopĺňania alebo po odbere chladivá. Počas plnenia alebo odberu

chladivá sa na kontajnery s chladivom nemá klopať, nemajú spadnúť, nemajú sa hodiť na zem alebo vystaviť tepelnému žiareniu. Kontajnery na chladivo sa majú skontrolovať z hľadiska korózie.

Doplňanie chladiva do zariadenia, napríklad po oprave, sa má robiť opatrne, aby sa chladivo dopĺňalo v malých množstvách a tak, aby sa zabránilo preplneniu, zatiaľ čo sa sledujú tlaky na vysokotlakovej a nízkotlakovej strane. Ak sa prekročila maximálna dovolená náplň chladivá v zariadení a vznikla nevyhnutnosť prečerpáť časť náplne chladivá do kontajnera na chladivo, kontajnery sa majú počas prečerpávania opatrne odvážiť a postarať sa o to, aby sa maximálna náplň kontajnera nikdy neprekročila. Kontajner sa nemá naplniť na hodnotu, keď expanzia kvapalného chladivá v dôsledku zvýšenia teploty môže spôsobiť prasknutie. Na kontajneroch sa má vyznačiť maximálna dovolená hmotnosť.

Kontajnery na chladivo sa majú vyrobiť tak, aby spĺňali rozličné požiadavky pri využití na opakované napĺňanie podľa národných predpisov. Môže sa sem zahrnúť správne nastavené poistné zariadenie na zníženie tlaku a kryt ventila.

Kontajnery na chladivo sa nemajú navzájom prepojiť potrubím. Dôsledkom môže byť nekontrolované premiestnenie chladivá až do preplnenia najchladnejšieho kontajnera.

Pri plnení kontajnerov chladivom sa nemá prekročiť maximálna prepravná kapacita. Prepravná kapacita je funkcia vnútorného objemu kontajnera a hustoty kvapalného chladivá pri referenčnej teplote (80 % objemu kvapaliny pri 50 °C).

Chladivá sa majú prečerpávať len do kontajnerov, ktoré sú označené druhom chladivá, pretože rozličné chladivá majú rozličné dovolené tlaky.

Aby sa zabránilo nebezpečenstvu miešania rozličných druhov a kvalít chladivá, napríklad recyklovaných, zberný kontajner sa má používať na tú istú kvalitu chladivá ako predtým. Kvalita sa musí zreteľne vyznačiť.

Prečerpávanie chladivá z jedného kontajnera do druhého sa má vykonávať bezpečnými a schválenými spôsobmi. Medzi kontajnermi sa má vytvoriť tlakový rozdiel buď ochladzovaním zberného kontajnera, alebo ohrevom vyprázdňovaného kontajnera. Ohrievanie sa má dosiahnuť pomocou zariadenia typu ohrievacej prikrývky s termostatom nastaveným na 55 °C alebo menej a s tepelnou poistkou alebo s nesamostatne nastaviteľným tepelným vypínačom, ktorý je nastavený na teplotu, pri ktorej tlak nasýtených pár chladivá neprekračuje 85 % hodnoty nastavenia poistného zariadenia na zníženie tlaku v kontajneri. Chladivá zo zberného kontajnera sa nemajú za nijakých okolností odvetrať do ovzdušia z dôvodu zníženia teploty a z dôvodu podpory plnenia zberného kontajnera. Na zvýšenie rýchlosti prúdenia chladivá sa nemá použiť nijaký priamy ohrev kontajnera na chladivo otvorenými plameňmi, sálavými ohrievačmi alebo ohrievačmi s priamym dotykcom.

Plniace fľaše so stupnicami s dielikmi podľa objemu sa majú vybaviť poistným ventilom na zníženie tlaku. Pri tomto druhu fľaše sú dovolené ponorné ohrievače bez zariadenia na obmedzenie teploty, ak je príkon obmedzený obmedzovačom prúdu tak, aby nepretržitá činnosť ohrievača spôsobila vo fľaši tlak pre dané chladivo menší ako 85 % hodnoty nastavenia poistného ventila, bez ohľadu na výšku hladiny vo fľaši.

Kontajnery na chladivo sa majú skladovať v osobitne upravenom chladnom priestore bez možnosti vzniku požiaru, mimo priameho slnečného žiarenia a mimo zdrojov priameho vykurovania.

Kontajnery, ktoré sa skladujú na voľnom priestranstve, majú byť odolné proti poveternostným vplyvom a majú sa chrániť pred slnečným žiarením.

Mechanickému poškodeniu kontajnera a jeho ventila sa má zabrániť opatrnou manipuláciou. Dokonca aj vtedy, ak je ventil vybavený krytom, kontajnery nemajú spadnúť. V skladovacom priestore sa kontajnery majú účinne zabezpečiť, aby sa zabránilo ich pádu.

Keď sa kontajner nepoužíva, ventil na kontajneri má byť zatvorený a zakrytý vekom. Ak sa to vyžaduje, tesnenia sa majú vymeniť.

Poznámky :

Pokyny pre zaobchádzanie s fľašami amoniaku pri dopĺňaní do chladiaceho okruhu

- a) plnenie vykonávajú vždy minimálne dvaja pracovníci,
- b) fľaša príp. sud s amoniakom sa zváži pred pripojením na zariadenie a po jeho vyprázdnení tiež a rozdiel, t. j. množstvo amoniaku prečerpaného do zariadenia, sa zapíše do prevádzkového denníka. To platí aj pre prvú náplň,
- c) pred pripojením fľaše (suda) je nutné presvedčiť sa, či fľaša (sud) skutočne obsahuje amoniak. Je nutné dávať pozor, aby nebola zamenená za fľašu s inou látkou,
- d) ak sa nedá ventil fľaše (suda) otvoriť, je potrebné otvoriť ventil väčšou silou, napr. pomocou kľúča. Tento úkon je potrebné vykonávať na voľnom priestranstve. Otáčanie vretenom ventilu sa musí robiť pozvoľna. Nie je dovolené si pomáhať nahrievaním ventilu,

Pri tom je nutné zachovať tento postup

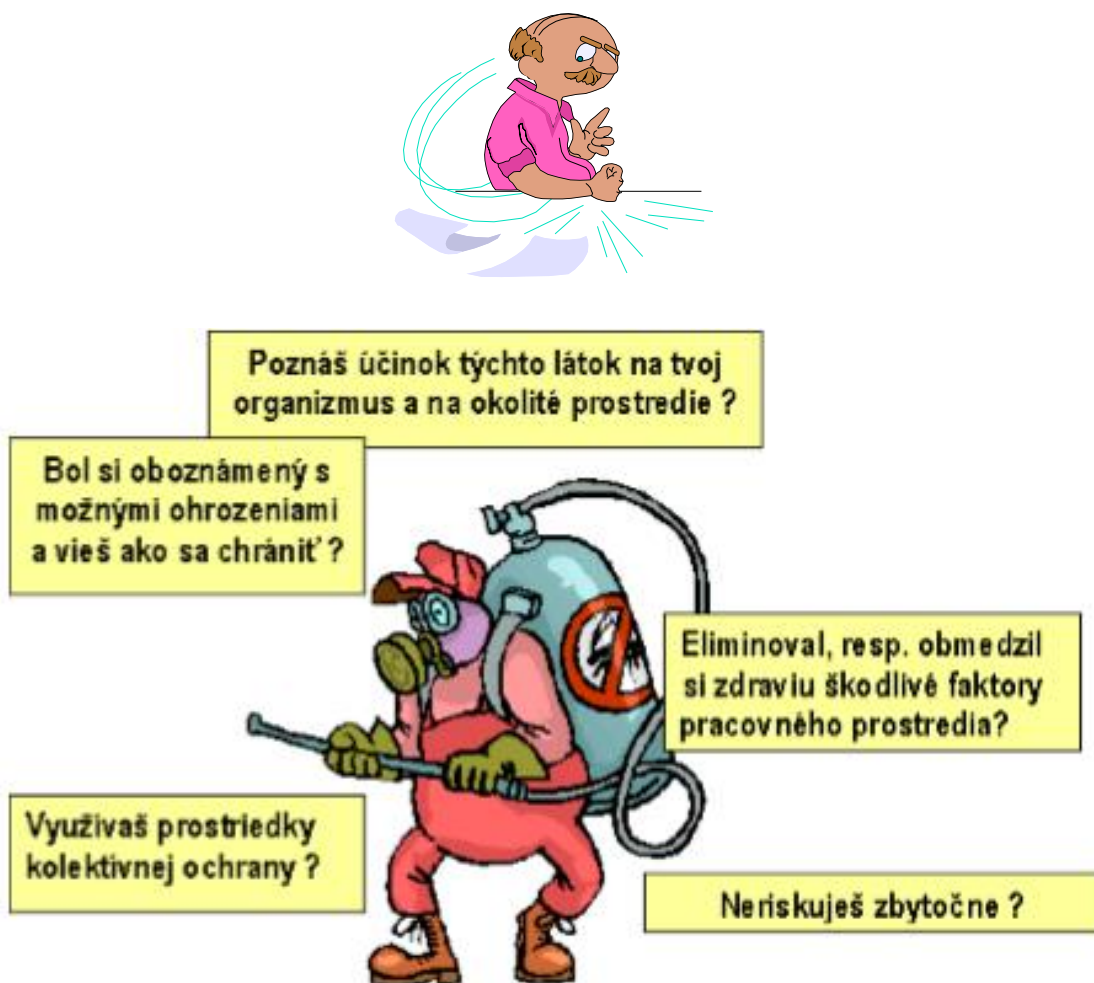
- fľaša musí stáť ventilom hore, aby pri uvoľnení ventilu unikol iba plyný amoniak,
- fľaša musí byť v uvedenej polohe zaistená proti pohybu,
- všetci zúčastnení pracovníci musia mať pri sebe ochranné pracovné prostriedky,
- pracovníci sa musia postaviť tak, aby vietor odnášal unikajúci plyn od nich, pričom ústie ventilu musí smerovať po vetre,
- ak nie je možné ani veľkou silou vreteno ventil uvoľniť, vráti sa fľaša dodávateľovi amoniaku,
- ak je obsah fľaše správny, položí sa fľaša do stojanu, v ktorom leží šikmo hlavou dolu pod uhlom min. 45°C a na ventil sa naskrutkuje matica plniacej rúrky vrátane tesnenia,
- po otvorení ventilu nastane pretekание amoniaku z fľaše do zariadenia. Tlak vo vnútri zariadenia v mieste plnenia musí byť udržiavaný max. na 0,1 MPa,
- odmrazenia plniacej rúrky je známkou, že všetka kvapalina z fľaše vytiekla. Ventil fľaše sa pevne uzavrie, uzavrie sa tiež ventil na plniacom potrubí zariadenia a potom sa opatrne uvoľní skrutka plniacej rúrky. Plné i prázdne fľaše pre dopravu amoniaku je potrebné ponechať ležmo alebo stojmo, zaistené spoľahlivo proti pádu. Plné fľaše sa musia chrániť pred teplom i pred mrazom. Hádzanie fľašami pri doprave, zhadzovanie z auta a pod. je zakázané. Na fľašu nesmie pôsobiť akýkoľvek tvrdé nárazy. Fľaše s amoniakom sú dodávané vo dvoch

veľkostiach, s obsahom 40 kg amoniaku. Pri plnení väčšieho množstva je výhodné zaistiť dodávku v cisterne.

Inštruktáž osôb zabezpečujúcich prevádzku

V zmysle STN EN 378-4 čl. 4.2

Pred uvedením nového chladiaceho systému do prevádzky sa musí zaistiť, aby sa osoby zabezpečujúce prevádzku preškolili na základe inštruktážnej príručky ohľadne konštrukcie, dohľadu, prevádzky a údržby chladiaceho systému, ako aj o dodržiavaní bezpečnostných opatrení, ak sa nevyhnutne vyžadujú osobné ochranné prostriedky (pozri EN 378-3: 2008, príloha A), a o vlastnostiach použitého chladivá a manipulácii s týmto chladivom.



Inštruktáž občanov - ochrana pri úniku nebezpečnej chemickej látky

Civilná ochrana

Nebezpečné chemické látky spôsobujú poškodenie centrálného nervového systému, dýchacích orgánov, zažívacieho traktu, poškodenie kože alebo narušujú metabolizmus postihnutého. V prípade havárie spojenej s únikom nebezpečných chemických látok pôsobia na okolie v podobe plynu alebo výparov. V prípade teroristického útoku môžu byť použité vo forme aerosólov alebo plynu, prípadne môžu byť použité na zamorenie vodných zdrojov. Kvapalina aj plyn silno dráždi a leptá oči, dýchacie cesty, pľúca, sliznice i pokožku. Spôsobuje dráždivý kašeľ a kŕče môžu viesť až k uduseniu. Po styku

pokožky s kvapalinou môže vyvolať silné omrzliny. Nadýchnutie vyššej koncentrácie má smrteľné účinky.

Amoniak (NH_3) - je ľahší ako vzduch, po úniku stúpa do výšok, ale za daždivého počasia je zrážaný k zemi. Pri uvoľnení z nádrží alebo pri odparovaní tvorí veľké množstvo studenej hmly, ktorá je ťažšia ako vzduch. Pôsobením vysokej teploty sa môže vznietiť. Je vysoko rozpustný vo vode, vo vodnom roztoku tvorí silno leptavú výbušnú zmes a je málo horľavý. Je to bezfarebný jedovatý plyn štiplavého zápachu, dráždi až leptá sliznice, oči a pokožku.

Všeobecné pokyny

Podľa zákona č. 42/1994 Z.z. o civilnej ochrane obyvateľstva v znení zákona č. 345/2012 Z.z. a vyhlášky MV SR č.533/2006 Z.z. o podrobnostiach o ochrane obyvateľstva pred účinkami nebezpečných látok, v znení vyhlášky č. 160/2012 Z.z.

- ak ste v byte, zostaňte vo vnútri,
- ak ste vonku, čo najrýchlejšie opustite ohrozený priestor kolmo na smer vetra, pamätajte si, že chemická látka sa šíri v smere vetra,
- improvizovane si chráňte dýchacie cesty, oči a odkryté časti tela. K tomu použite vo vode namočenú nasiaknutú tkaninu a priložte si ju k ústam, nosu, zakryte si oči a dýchajte cez ňu,
- na nezakryté časti tela použite odev,
- po návrate z kontaminovaného priestoru do budovy odložte vrchný odev do igelitu, osprchujte sa,
- uzavrite a utesnite okná, dvere, vetráky, odstavte klimatizáciu,
- sledujte informácie z oficiálnych zdrojov (SRo, STV, obecný rozhlas),
- riadte sa podľa vysielaných pokynov, nepodceňujte riziko,
- pripravte si evakuačnú batožinu,
- zbytočne nezaťažujte linky svojim telefonovaním,
- poskytnite pomoc chorým, starým, bezvládnym osobám, postarajte sa o deti bez dozoru

Zákon č.42/1994 Z.z. o civilnej ochrane obyvateľstva v znení zákona č. 345/2012 Z.z.

Vyhláška MV SR č.533/2006 Z.z. o podrobnostiach o ochrane obyvateľstva pred účinkami nebezpečných látok, v znení vyhlášky č. 160/2012 Z.z.

Ak sa stanete očitým svedkom vzniku akejkoľvek mimoriadnej udalosti, treba ju bez zbytočného odkladu IHNEĎ oznámiť ako jasnú, stručnú a neskomolenú informáciu na týchto telefónnych číslach tiesňového volania:

112 - Operačné stredisko integrovaného záchranného systému (IZS) - európske číslo tiesňového volania

150 - Hasičský a záchranný zbor (v prípade požiaru, dopravnej nehody, ohrozenia následkom živelnej pohromy)

155 - Zdravotná záchranná služba (v prípade ohrozenia života a zdravia)

158 - Polícia (v prípade ohrozenia následkom trestnej činnosti)

159 - Mestská polícia



Obrázok Zložky IZS (integrovaný záchranný systém) sa uvádza do akcie po tiesňovom volaní. Pri manipulácii a pri skladovaní s AMONIAK-om v areáli spoločnosti, aj napriek dôslednému dodržiavaniu a kontrole všetkých legislatívnych a vnútropodnikových predpisov nie je možné vylúčiť prípadné úniky AMONIAK –u mimo zariadenia a technológiu z dôvodu:

- manipulačnej chyby (technickej poruchy) alebo zlyhania obsluhy
- ľudskej nedbanlivosti (ľudskej chyby)
- únavy, korózie konštrukčných materiálov
- výpadku elektrického napájania, alebo zásobovania pomocnými médiami
- nehody na cestných komunikáciách
- nežiaducich externých udalostí (požiare, pád lietadla ap.)
- živelných pohrôm (následky víchrice, rozsiahle námrazy, privalové dažde ap.)
- úmyselného poškodenia, sabotáže. Únik NL môže spôsobiť ekologické ohrozenie, za určitých podmienok pri horľavých NL vznik požiarnych a explozívnych (výbušných) udalostí.
- Každý únik NL je závažný aj bez toho, aby došlo k rozvoju takejto udalosti.

Varovné signály Civilná ochrana



Varovanie obyvateľstva je jedno z najdôležitejších opatrení civilnej ochrany. Varovanie je vykonávané varovnými signálmi uskutočňovanými prostredníctvom sirén. Varovné signály sú následne dopĺňované hovorenou informáciou prostredníctvom stanice SRO a STV.

Tón sirény	Dĺžka tónu	Druh signálu
Kolísavý	2 minúty	Všeobecné ohrozenie
Stály	6 minút	Ohrozenie vodou
Stály	2 minúty	Koniec ohrozenia

Keď zaznie varovný signál, zapnite si rádio, televíziu, kde sa dozviete o tom, čo sa stalo a riadte sa vydanými pokynmi.

Informácie o možnom ohrození a plánovaných ochranných opatreniach môžete dostať:

- občan - na príslušnom obecnom (mestskom) úrade
- zamestnanec - od svojho zamestnávateľa
- právnická osoba - na príslušnom obecnom (mestskom) úrade

POKYNY PRE OBYVATEĽOV

1. okamžite sa ukryte

- pri pobyte mimo budovu – vyhľadajte čo najrýchlejší úkryt, prípadne vstúpte do najbližšej budovy a požiadať majiteľa o dočasné ukrytie (úkrytom môže byť napr. výrobný závod, úrad, kancelária, obchod, verejná budova, súkromný byt, dom a pod.), - ak sa nachádzate v domácnosti – zhromaždite celú rodinu a byt neopúšťajte, - ak máte deti v školách – nesnažte sa ich vyzdvihnúť, bude o ne postarané, - v prípade, že cestujete automobilom a počujete varovný signál – zaparkujte a vyhľadajte úkryt v najbližšej budove.

2. zatvorte okná a dvere

- vytvorte izolačný uzavretý priestor – uzavrite a utesnite okná, dvere a vetráky, odstavte klimatizáciu (netesnosti prelepte páskou, väčšie netesnosti môžete utesniť tkaninami namočenými vo vode s rozpustnými saponátmi, penovou hmotou, tmelom a pod.), - uzavretím priestoru znížite pravdepodobnosť vlastného ohrozenia.

3. zapnite rádio alebo televíziu

- dozviete sa informácie o tom, čo sa stalo, prečo bola spustená siréna a varovanie obyvateľstva a čo sa bude ďalej robiť, - v prípade výpadku elektrického prúdu využite rádioprijímač na batérie.

Postup improvizovanej ochrany dýchacích ciest je nasledujúci:

Tkanina (najlepšie froté) sa namočí do roztoku pripraveného z pitnej vody a zažívacej sódy pre prípad nebezpečnej chemickej látky kyslej povahy, pre prípad úniku amoniaku sa použije kyselina citrónová, resp. kuchynský ocot (na 1 liter vody dve polievkové lyžice zažívacej sódy, resp. octu alebo jednu polievkovú lyžicu kyseliny citrónovej). V núdzovom prípade je možné použiť len pitnú vodu, pretože veľká časť nebezpečných chemických látok je aspoň čiastočne rozpustná vo vode. Takto pripravená tkanina sa priloží na dýchacie cesty.

Pri použití improvizovanej ochrany je potrebné dodržiavať nasledujúce zásady:

Celý povrch tela musí byť zakrytý. Všetky ochranné prostriedky je nutné čo najlepšie utesniť. Na dosiahnutie vyšších ochranných účinkov kombinujte viac ochranných prostriedkov, alebo použite

odev v niekoľkých vrstvách. Pri návrate zo zamoreného prostredia je potrebné odložiť všetok vrchný odev do igelitového vreca a dôkladne zaviazať. Pokiaľ je to možné, je potrebné sa dôkladne osprchovať, otrieť do sucha a obliecť sa do čistého, nezamoreného odevu.

Evakuácia

Môže nastať situácia, že na pokyn záchranných zložiek budete musieť veľmi rýchlo opustiť miesto, kde sa práve nachádzate. V takom prípade uzatvorte prívod plynu, vody a elektriny, pripravte si a vezmite so sebou najnutnejšie veci (doklady, cenné veci, lieky) a presvedčte sa, či aj susedia vedia, že majú odísť.



Základné informácie pre verejnosť

Amoniak – NH₃, jedovatý, žieravý plyn. UN kód 1005, Kemlerov kód 268

Amoniak NH₃, (amoniak) - pri vzniku mimoriadnej udalosti má možné účinky mimo areálu podniku

Číslo CAS: 7664-41-7 T, Klasifikácia podľa smernice 67/548/EHS: R10

T- Toxický, R23

C – Žieravý, R34

N – Nebezpečný pre životné prostredie, R50

VÝSTRAŽNÉ PIKTOGRAMY



Fyzikálne vlastnosti

Bezvodný amoniak je číra kvapalina, ktorá vrie pri teplote -28 ° C. To je dôvod, prečo sa používa amoniak v chladiacich systémoch.

V chladiacich systémoch, tekutina je uložená v uzavretých nádobách pod tlakom. Ak je tlak uvoľní, kvapalina sa rýchlo odparuje, zvyčajne tvorí neviditeľnú paru alebo plyn. Rýchle odparovanie spôsobí, že teplota kvapaliny klesá, kým nedosiahne normálny bod varu -28 ° C. Podobný účinok nastane, keď sa voda odparuje z kože.

Kvapalný bezvodý amoniak váži menej ako voda. Asi osem litrov amoniaku váži rovnako ako päť litrov vody.

Kvapaliny a plynu amoniak roztahovanie a zmršťovanie so zmenami tlaku a teploty. Napríklad, ak tekutý bezvodný amoniak sa

častočne naplnené, uzavretej nádobe sa zahrieva od 0 ° F až 68 ° F, bude objem kvapaliny zvýši asi o 10 percent. V prípade, že nádrž je plná 90 percent pri teplote 0 ° F, stane sa z 99 percent plnej výšky 68 ° C. V rovnakom čase, bude tlak v nádobe zvýši z 16 libier na štvorcový palec (psi) do 110 psi.

Kvapalný amoniak sa bude rozširovať o 850 časoch, kedy odparovania:

Bezvodný amoniak plyn je podstatne ľahší ako vzduch a bude stúpať v suchom vzduchu. Avšak, pretože amoniak obrovská spriaznení s vodou, to okamžite reaguje s vlhkosťou vo vzduchu a môže zostať blízko k zemi.

Prah zápachu amoniaku sa pohybuje medzi 5 až 50 dielov na milión (ppm) vzduchu. Prípustný expozičný limit (PEL) je 50 ppm v priemere viac ako 8 hodín smenu. Odporúča sa určiť, či je nutné používať ochranu dýchacích ciest.

Chemické vlastnosti

Bezvodný amoniak sa ľahko vstrebáva vodou. Pri 20 ° C, asi 700 objemov pary môže byť rozpustených v jednom objeme vody. Vznikne roztok obsahujúci 34 percent hmotnostných amoniaku. Amoniak vo vodnom roztoku, sa nazýva aqua amoniak alebo hydroxid amónny.

Amoniak, a to najmä v prítomnosti vlhkosti, reaguje, koroduje meď, zinok a mnohé zliatiny. Iba železo, ocele, niektoré gumy a plasty, a špecifické neželezné zliatiny sú odolné voči amoniaku. Tieto materiály by mali byť použité pre zhotovenie kontajnerov, armatúr a potrubí.

Amoniak reaguje s ortuťou za vzniku nestabilnej výbušnej zlúčeniny.

Bezvodný amoniak je klasifikovaný ako nehorľavý. Avšak, plynný amoniak vo vysokých koncentráciách (16 až 25 hmotnostných percent vo vzduchu), bude horieť. Je nepravdepodobné, že tieto koncentrácie vzniknú, okrem uzavretých priestorov alebo v mieste rozliatia. Nebezpečenstvo požiaru od amoniaku zvyšuje prítomnosť benzínu alebo iných horľavých materiálov.

Bezvodný amoniak je alkalický.

Základná charakteristika: Pri bežnom tlaku a teplote je amoniak toxický, bezfarebný plyn (teplota varu za normálnych podmienok je -33,5°C) s charakteristickým prenikavým, ostrým, silne dráždivým zápachom zásaditej príchuti. Amoniak je zásaditá žieravina, v kvapalnej forme pôsobí leptavo. Vďaka svojej hustote 0,771 kg.m⁻³ je zhruba o polovicu ľahší ako vzduch. Skladuje sa skvapalnený pod tlakom. Je veľmi dobre rozpustný vo vode, s kyselinami reaguje za vzniku amónnych solí. Má silné korozívne účinky voči kovom, hlavne voči zliatinám medi. Vytekajúca kvapalina prechádza rýchlo do plynnej fázy.

Pri rozpínaní plynu sa môžu krátkodobo tvoriť hmly.

- Amoniak horí len pri vysokých koncentráciách, vyššej teplote a za pôsobenia silného energetického zdroja !
- Prípustné hygienické limity pre NPK - Pp (8 hod. priemerná pre pracovné prostredie je max. 20 mg/m³, NPK - Pm (medzná koncentrácia 10 minútová) je max. 40 mg/m³.
- Kvapalný amoniak neuvádzať do kontaktu s vodou, nádrže je potrebné chladiť !!!
- Amoniak je málo horľavý samovznietivý od 650 °C, v určitých koncentráciách so vzduchom a kyslíkom dáva výbušné zmesi !!!
- Pri úniku látky do kanalizácie alebo do odpadových vôd vzniká leptavá - zásaditá žieravá zmes !!! Nebezpečie reakcie s chlóróm, brómóm, jódom, ortuťou, chlórnanom vápenatým, chlórečnan, fluorovodíkom, ethylénoxidom, chlorovodíkom, oxidom uhličitým, oxidom siričitým

- Ohradiť a odčerpať, pokiaľ je látka zmiešaná s vodou. Zbytky pokryť savým materiálom, napr. suchou zemou, pieskom, mletým vápencom a v uzavretej nádobe odvieť na bezpečné miesto k likvidácii. Utesniť podzemné zdroje. Zneškodnenie plynu pomocou vodnej hmly alebo roztrieštenými vodnými prúdmi, kvapalinu možno riediť vodou, pri požiari hasiť práškami, penou alebo opatrne rozprášeným vodným prúdom.

21. Pravidlá prvej pomoci pri úraze amoniakom

Prevzaté z firemných dokumentov pri vypracovaní - Plánov ochrany pri vzniku mimoriadnej udalosti.

Ak sa vyskytuje prípad otravy amoniakom, musí sa ihneď postihnutý vyniesť na čerstvý vzduch a privolať lekára. Pokiaľ postihnutý nedýcha, musí sa zaviesť umelé dýchanie. Postihnutého je nutné uložiť v teple a trením končatín vyvolať zvýšený obeh krvi.

Amoniak v očiach

Okamžite vymyte oči po násilnom otvorení očných viečok prúdom čistej vody, alebo ponorením hlavy do nádoby s čistou vodou. Potom prevádzajte prerušované očné výplachy 2-ným roztokom kyseliny citrónovej alebo 3% borovou vodou, popřípade vlažným fyziologickým roztokom a to tak, že po dobu 5 až 20 min. vyplachujte oči po 20 sekundách a potom nasleduje rovnako dlhá prestávka. Oči sa nesmú trieť a dráždiť. V každom prípade je nutné ihneď vyhľadať lekársku pomoc.

Pri omrzlinách

Dopravte postihnutého do teplej miestnosti, nie však náhle do prehriatej miestnosti. Netrite postihnutú časť tela, je však dovolená ľahká masáž okolo postihnutej plochy, napr. šetrné trenie ručníkom namočeným v studenej vode, alebo poklepávaním končekov prstov, alebo malíčkovou hranou ruky, aby sa zaistil dobrý obeh krvi a zabránilo opuchom.

Podajte teplý čaj alebo sladenú čiernu kávu. Pokryte postihnuté miesto sterilným bahnom, potom zabaľte vatou a zaviažte pružným ovínadlom, aby obväz nekľzal. Toto opatrenie mierni bolesť, ktorá je predovšetkým následkom opuchov a tým vyvíjajúcemu sa tlaku na nervy a súčasne obmedzuje tvorenie pľuzgierov a zabráni prípadnej infekcii. Nikdy neotvárajte pľuzgiere, ktoré sa prípadne vytvorili. Na poraneného zbytočne nerozprávajte, šetrite jeho pokoj. Ihneď vyhľadajte lekára, alebo pri väčšom rozsahu chirurgické oddelenie najbližšej nemocnice.

Poliatie amoniakom

Ak je amoniakom poliaty - nasiaknutý odev tak, že amoniak preniká na pokožku je nutné postihnutého ihneď vyvieť na čerstvý vzduch. Postihnutého nechajte ležať na chrbte, aby plyn nestúpал k tvári a nebol vdychovaný. Vyzlečte postihnutému ihneď šatstvo. Ak to nie je možné polejte šatstvo rýchle vodou, aby voda pohltila chladivo. Vyparovanie sa spomalí a zamedzí sa tak prípadnému omrznutiu tela.



Pri postihnutí pokožky amoniakom oplachujete postihnuté miesto vodou, potom osušte ručníkom alebo šatkou, nie však trením. Ak sa kvapalný amoniak dostane do priameho styku s pokožkou nastáva omrznutie. Zmrznutie akejkoľvek časti tela obmedzuje obeh krvi. Prirodzené obnovenie obehu je sprevádzané sčervenáním.

Opis opatrení prvej pomoci:

- Pri nadýchnutí: Preneste obeť na čerstvý vzduch a udržiajte v pokoji v polohe vhodnej pre pohodlné dýchanie. Okamžite vyhľadajte lekársku pomoc/starostlivosť.
- Pri styku s kožou: Okamžite odstráňte/vyzlečte všetko kontaminované oblečenie. Opláchnite pokožku vodou/osprchujte. Okamžite vyhľadajte lekársku pomoc/ošetrovanie.
- Pri zasiahnutí očí: Pri zasiahnutí očí oplachujte opatrne vodou počas niekoľkých minút. Odstráňte kontaktné šošovky, ak sú v očiach a dajú sa ľahko vybrať. Pokračujte v oplachovaní. Okamžite vyhľadajte lekársku pomoc/ošetrovanie.
- Pri požití: Nepovažuje sa za možný spôsob expozície.



Prvá pomoc pri zasiahnutí

1. Preniesť postihnutého mimo kontaminovaný priestor na čerstvý vzduch uložiť do ležiacej polohy, uvoľniť tesné súčasti odevu. pri zastavení dýchania zaviesť umelé dýchanie, príp. priviesť kyslík. Transportovať len v ležiacej polohe. Pri nebezpečenstve straty vedomia uložiť a transportovať v stabilizovanej polohe na boku
2. Postihnutý nesmie chodiť, postriekané časti odevu, obuv a pančuchy ihneď vyzliecť (vyzuť) a odstrániť. Postihnuté miesta na tele opláchnuť dôkladne vodou. Pri zasiahnutí očí premývať hneď 10-15 minút vodou. Zranených nenechať prechladnúť. Privolať lekára.
3. Omrznuté miesta na tele netrieť.
4. Postihnutých nenechať prechladnúť.
5. Oči vypláchnuť viackrát čistou vodou (minimálne 10-15 min.) a potom bórovou vodou (2%-ným roztokom sódy bikarbóny) alebo Ophtalmo septonexom, pričom je potrebné roztvoriť očné viečka a nechať premývať všetky strany očí.

6. Ústa vypláchnuť dôkladne viackrát čistou vodou.
7. Postihnutý musí mať úplný telesný pokoj, je možné podávať upokojujúce lieky, zabezpečiť ochranu proti chladu.
8. Zákaz podávania alkoholických nápojov a zákaz fajčenia.
9. Možné je inhalovať vodnú hmlu alebo 1% vodný roztok kyseliny octovej alebo citrónovej.
10. Pri silnom dráždení dýchacích ciest proti kašľu aplikovať použitie aerosolového dávkovača s Dexamethasonom podľa návodu na použitie.
11. Neodkladne zabezpečiť odsun do zdravotníckeho zariadenia, resp. privolať lekára.
12. Transport v ľahu. Pri nebezpečenstve straty vedomia uložiť a transportovať na boku v stabilnej polohe.

Zdravotné ohrozenie:

- Tekutina i plyn dráždi veľmi silne až do ťažkého poleptania očí, kože, dýchacích ciest a pľúc. Krč alebo edem glottis môže viesť k uduseniu. Nadýchanie plynu vysokej koncentrácie môže mať za následok náhlu smrť. Styk s tekutinou vyvoláva ťažké omrzliny.

Príznaky:

- Pálenie, bolesti a poškodenie očí, slizníc nosných, hltanových a kože. Omrznuté časti tela, majú bielu farbu. Dráždivý kašeľ najťažšieho stupňa, dusenie. Krátkodobý účinok: koncentrácia 0,25% pár vo vzduchu je nebezpečná pri vdychovaní po dobu 30 min.

Dekontaminácia:

- Dekontaminácia povrchov zasiahnutých kvapalným amoniakom sa uskutočňuje 3 - 5% vodnými roztokmi minerálnych alebo organických kyselín. Najvhodnejšia je kyselina octová.

Protipožiarne opatrenia

- Hasiace prostriedky: Vhodné hasiace prostriedky: Je možné použiť všetky hasiace prostriedky. Osobitné ohrozenia vyplývajúce z látky alebo zo zmesi: Tlakové nádoby vystavené ohňu môžu prasknúť a vybuchnúť. Ak sa vyskytuje v ohni, tepelným rozkladom môžu vznikať toxické alebo žieravé výpary.
- Rady pre obsluhu strojovne a požiarnikov: Nehaste, pokiaľ únik nemôže byť bezpečne zastavený. Odstráňte všetky zdroje vznietenia, ak je to bezpečné. Používajte dýchacie prístroje a protichemický ochranný odev

Opatrenia pri náhodnom uvoľnení

Osobné bezpečnostné opatrenia, ochranné prostriedky a núdzové postupy:

- Pre iný ako pohotovostný personál:
- Evakuovať priestor.
- Zabezpečte dostatočné vetranie.
- Používajte samostatný dýchací prístroj a protichemický ochranný odev.

- Bezpečnostné opatrenia pre životné prostredie:
- Pokúsiť sa zastaviť únik plynu.
- Pary zrážať vodnou hmlou alebo rozprašovanou vodou. Zabrániť vniknutiu do kanalizácie a vodných tokov.
- Zabráňte úniku do životného prostredia.

Metódy a materiál na zabránenie šíreniu a čistenie:

- Priestor vetrať. Odstrániť horľavé predmety a zápalné zdroje.
- Priestor postrekovať vodou, pokiaľ nie je skvapalnený plyn odparený a odparená námraza.
- Predmety, ktoré prišli do styku s plynom a priestor, kde unikol plyn dostatočne opláchnite vodou.

Literatúra.: karta bezpečnostných údajov

Prevádzkové požiadavky pre tlakové nádoby stabilné STN 69 0012

Chladiace zariadenia obsahujú aj tlakové nádoby nielen naplnené chladivom skupiny Ab2 podľa Vyhl.č.508/2009 Z.z. , ale aj vodou a teplotnosnými látkami skupina Ab1. Pre nádoby naplnené chladivom uprednostníme normy STN EN 378 časť 1 až 4, kde sú uvedené požiadavky pre výbavu a bezpečnosť tlakových nádob. Podľa tejto normy vykonávame hlavne odborné prehliadky TN so skúškami pevnosti a tesnosti, ktoré vykonávajú odborný pracovníci a revízny technici s osvedčením.



Expanzná nádoba – odlučovač chladiva R717



Vysokotlaký zberač chladiva R717

Bezpečnostné príslušenstvo a prevádzka tlakových nádob

V zmysle STN 69 0012 čl. 4.4

Zariadenie na sledovanie stavu hladiny

V zmysle STN 69 0012 čl. 4.4.1

Stavoznak, prípadne iné meracie alebo signalizačné zariadenie určené ku kontrole stavu hladiny, musí byť viditeľné, bezpečne dostupné a chránené proti poškodeniu. Zariadenie na sledovanie stavu

hladiny sa musí udržiavať, aby bola zaručená správnosť funkcie a nedošlo k jeho poruche počas prevádzky.

Kontrola zariadenia na sledovanie stavu hladiny sa vykonáva podľa prevádzkových pokynov, najmä však

- a) u diaľkových ukazovateľov stavu hladiny, regulátorov a registračných prístrojov stavu hladiny porovnávaním s priamym stavoznakom, alebo iným spôsobom stanoveným prevádzkovými pokynmi jedenkrát za 6 mesiacov
- b) u signalizačných zariadení medzných stavov pri každom zistení nesprávnej funkcie prístrojov v lehotách podľa údajov od výrobcu. Pokiaľ výrobca nestanovil najmenej jedenkrát za mesiac
- c) pri nádobách s pracovnou tekutinou, ktorá pôsobí agresívne a pri tekutine, ktorá spôsobuje nánosy vnútorného povrchu nádob v lehotách jedenkrát za týždeň
- d) u priamych stavoznakov, pokiaľ sú vybavené príslušnou armatúrou v lehotách jedenkrát za týždeň.

O všetkých vykonaných kontrolách na zariadení na sledovanie hladiny musí byť vykonaný záznam do prevádzkového denníka

Tlakomery

V zmysle STN 69 0012 čl. 4.4.2

Údaje na tlakomere musia byť čitateľné. Tlakomer musí byť bezpečne prístupný a ochránený proti poškodeniu a musí byť sledovaný tak, aby mohli byť včas prevedené regulačné zásahy zabraňujúce zvýšeniu tlaku nad najvyšší dovolený tlak, poprípade pod najnižší pracovný pretlak.

Kontrola správnej činnosti tlakomerov sa vykonáva kontrolou za nulové hodnoty stupnice tlakomeru v týchto lehotách :

- a) pri tlakomery umiestnenom priamo na nádobe 1 x za 3 mesiace
- b) pri tlakomery umiestnenom na nádobe, ktorá je vybavená aj diaľkovým prenosom tlaku do panelu, najmenej 1 x za 6 mesiacov
- c) pri tlakomery umiestnenom na nádobe, ktorá je súčasťou pojazdných hasiacich prístrojov, ktoré nie je v pohotovostnom stave pretlak, najmenej 1 x za 6 mesiacov

Prevádzkové tlakomery

Musia sa kontrolovať porovnaním a údajmi kontrolného tlakomeru alebo sa musia preskúšať iným spôsobom v lehotách najmenej 1 x za dva roky.

Okrem toho, sa vykoná porovnanie prevádzkových tlakomerov s kontrolnými tlakomerami vždy pri zistení chybnej činnosti prevádzkových tlakomerov .

Ak je výchylka medzi údajmi prevádzkového a kontrolného tlakomeru v rozmedzí medzi najvyšším a najnižším používaným pretlakom väčším ako 5 % najvyššieho tlaku uvedeného na stupnici, musí byť prevádzkový tlakomer nahradený iným správnym tlakomerom. Ak nie je možné vymeniť tlakomer okamžite musí byť na ponechanom tlakomery vyznačená korekcia v rozmedzí najvyššieho a najnižšieho používaného pretlaku. Tlakomer však musí byť vymenený do ďalšej predpísanej kontroly.

Kontrolný tlakomer

V zmysle STN 69 0012 čl. 4.4.2.6

Musí byť preskúšaný najmenej 1 x za 2 roky. Záznam o výsledku preskúšania musí byť riadne uložený u prevádzkovateľa nádob. Činnosť diaľkových tlakomerov, signalizačných tlakomerov, automatických regulátorov a diaľkových registračných prístrojov sa musia kontrolovať porovnávaním s tlakomerom umiestneným priamo na nádobe v lehotách podľa prevádzkových pokynov, najmenej však 1 x za mesiac.

O výsledku skúšok a kontrol prevádzkových tlakomerov, regulátorov a registračných prístrojov musí byť urobený záznam.

Poistné zariadenia

V zmysle STN 69 0012 čl. 4.4.3

Poistné zariadenie musí byť kontrolované spôsobmi a v lehotách stanovenými prevádzkovými pokynmi, v ktorých musí byť vzaté v úvahe individuálne prevádzkovo-technologické podmienky nádoby a konštrukcie poistného zariadenia.

Prechodnosť poistných ventilov

V zmysle STN 69 0012 čl. 4.4.3.2

Ktorých konštrukcia umožní nadľahčenie kužeľa, sa skúša za prevádzky nadľahčením kužeľa v týchto lehotách :

- a) pri nádobách z pracovným pretlakom do 4 MPa alebo s teplotou pracovnej tekutiny do 300°C najmenej jedenkrát za mesiac.
- b) pri nádobách, ktoré obsahujú jedovaté, žieravé alebo inak nebezpečné tekutiny a pri nádobách s pracovným pretlakom nad 10 MPa najmenej jedenkrát za rok
- c) ostatných nádob jedenkrát za štyri mesiace
- d) pri nádobách, kde je pred poistným ventilom osadená prietržná membrána (náhradné poistné zariadenie) sa skúša poistný ventil najmenej jedenkrát za rok a po každom pretrhnutí membrány spôsobom uvedeným v prevádzkových pokynoch

Prieťahnosť poistných ventilov, ktorých konštrukcia neumožní nadľahčenie kuželky, ako napr. u plynových poistných ventilov, sa skúša spôsobom a v lehotách podľa prevádzkových pokynov, najmenej v lehotách podľa platných právnych predpisov a podľa dokumentácie výrobcu zariadenia.

Nádoby, ktoré obsahujú nebezpečné látky musia byť vybavené odľahčiacim potrubím vyústeným do zabezpečeného priestoru.

O výsledku skúšok a kontrol poistného zariadenia musí byť vykonaný záznam.

Teplomery

V zmysle STN 69 0012 čl. 4.4.4

Teplota pracovnej tekutiny sa musí podľa potreby sledovať a riadiť tak, aby neboli prekročené ani najvyššie ani najnižšie dovolené teploty. Rýchlosť zmeny teploty pracovnej tekutiny musí odpovedať údajom uvedených v prevádzkových pokynoch.

- a) Údaje prevádzkových teplomerov sa musia preskúšať porovnávaním s kontrolnými teplomerami podľa prevádzkových pokynov najmenej v lehotách podľa platných právnych predpisov.
- b) Porovnávanie údajov prevádzkových teplomerov s kontrolnými teplomerami musí byť vykonané pri každom dôvodnom podozrení z nesprávnej činnosti prevádzkových teplomerov.
- c) Kontrolný teplomer musí byť preskúšaný najmenej 1 x za 2 roky.
O výsledku preskúšania musí byť urobený záznam do denníka, ktorý musí byť riadne uložený u prevádzkovateľa nádob.

Obsluha tlakový nádob

V zmysle STN 69 0012 čl. 5

Obsluha nádob musí spĺňať nasledujúce požiadavky :

- a) má doklad preukazujúci odbornú spôsobilosť podľa platných právnych predpisov v oblasti BOZP (zákon 124/2006 Z.z. , Vyhl.č.508/2009 Z.z.)
- b) bol riadne oboznámený s ustanoveniami predpisov a príslušných pokynov na prevádzku nádob a prakticky zacvičený na obsluhu nádob organizáciou pre výchovu a vzdelanie alebo revíznym technikom tlakových nádob.

O výsledku preskúšania sa urobí záznam, ktorý musí byť uschovaný do nasledujúceho preskúšania, ktoré musí byť 1 x za 5 rokov.

Prehliadky a skúšky tlakových nádob

V zmysle STN 69 0012 čl. 5.1

Na tlakových nádobách sa vykonávajú tieto prehliadky a skúšky :

- a) prvá vonkajšia prehliadka
- b) opakovaná vonkajšia prehliadka (prehliadka počas prevádzky)
- c) vnútorná prehliadka
- d) skúška tesnosti
- e) tlaková skúška

22. Zásady prevádzky chladiacich zariadení z hľadiska prevádzkovateľa

Spoľahlivosť a bezpečnosť chladiacich zariadení ako VTZ plynových sk Ai, Bi, závisí od zabezpečenia :

1. Odbornej a spôsobilej obsluhy chladiaceho zariadenia (preukaz obsluhy chladiacich zariadení a tlakových nádob platný 5 rokov)
2. Vykonávaním pravidelnej údržby podľa pokynov výrobcu chladiaceho zariadenia
3. Zabezpečením príslušnej dokumentácie – konštrukčnej dokumentácie, návody na obsluhu, príslušné STN a súvisiace zákony a predpisy

4. Vykonávaním povinných odborných prehliadok v zmysle platných predpisov s odstraňovaním zistených porúch – vykonávajú oprávnené organizácie, ktoré majú pracovníkov na opravy (servis) a kontroluje revízny technik
 - Odborná prehliadka / chladiaceho zariadenia skupiny Ai, Bi ako VTZ plynové
 - Odborná prehliadka tlakových nádob – Ab1, Ab2, Bb1, Bb2
 - Odborná prehliadka elektro
 - Odborná prehliadka signalizácie a snímačov úniku chladiva, ktorú vykonávajú pracovníci zaškolení výrobcom detektorov

Zabezpečenie odbornej a spôsobilej obsluhy chladiaceho zariadenia

- a) vyškolená obsluha oprávnenou osobou na výchovu a vzdelanie s preskúšaním OPO / oprávnená právnická osoba napr. TI SR, TUV Slovakia, E.I.C. Engineering ... /
 - **preukaz obsluhy sk.Ai** vydáva Inšpektorát práce
- b) vyškolená obsluha s preverením znalostí oprávnenou osobou na výchovu a vzdelanie alebo revíznym technikom
 - preukaz alebo **doklad o preverení znalostí obsluhy tlakových nádob Ab2**
- c) zaškolenie obsluhy výrobcom chladiaceho zariadenia

2. Zabezpečenie pravidelnej údržby

- a) udržiavať zariadenie čisté a tesné
- b) dbať o dobrý stav tepelných izolácií a náterov potrubí a aparátov v predpísaných farbách
- c) v pravidelných intervaloch vykonávať príslušné revízie, údržbu a výmenu opotrebovaných dielov kompresorov a čerpadiel
- d) kontrolovať tlakomery a teplomery podľa predpísaných teplotných a tlakových parametrov
- e) vykonávať pravidelnú kontrolu tesnosti jednotlivých častí zariadenia
- f) kontrolovať havarijné vetranie strojovne a udržiavať ho v prevádzkyschopnom stave
- g) kontrolovať spôsobilosť hasiacich prístrojov
- h) zabezpečovať dostatočné osvetlenie strojovne vrátane núdzového osvetlenia
- i) kontrola správnej činnosti detektorov úniku chladiva kalibrovaným únikom

3. Zabezpečenie príslušnej dokumentácie

- a. projektová dokumentácia technologickej časti chladiaceho zariadenia a časti elektro
- b. návod na obsluhu a údržbu zariadenia v zmysle inštrukčnej príručky – miestny prevádzkový poriadok vypracuje prevádzkovateľ zariadenia
- c. pokyny pre obsluhu tlakových nádob vypracuje prevádzkovateľ zariadenia
- d. pokyny pre prvú pomoc pri úraze amoniakom a elektrickým prúdom vypracuje prevádzkovateľ zariadenia
- e. pokyny pre obsluhu jednotlivých častí chladiaceho zariadenia – kompresor, kondenzátor, expanzná nádoba atď., vypracuje prevádzkovateľ zariadenia
- f. f)plán ochrany obyvateľstva pre prípad mimoriadnej udalosti pri úniku amoniaku a havarijný plán aj v grafickej forme vypracuje pracovník s platným osvedčením civilnej ochrany

- g. prevádzkový denník pre vedenie záznamov kontroly prevádzky a záznamu opráv a revízií
- h. požiarneho plánu aj s grafickou formou - vypracuje špecialista požiarnej ochrany
- i. základné normy a vyhlášky – STN EN 378 časť 1 až 4, Vyhláška č. 508/2008 Z.z.,

Pri dodržiavaní bezpečnostných predpisov a pravidelnej údržby je možné udržiavať dlhé roky chladiace zariadenie v dobrom technickom stave, a tým aj znižovať jeho energetickú náročnosť.

Rekonštrukcie chladiacich zariadení

Pri realizácii rekonštrukcie chladiaceho zariadenia, kde pri riešení celého systému musíme brať do úvahy nové technológie :

1. riešenie využitia odpadového tepla pre vykurovanie, alebo ohrev teplej úžitkovej vody, cez príslušný výmenník tepla.
2. riešenie automatizácie prevádzky, ako aj dodržiavania všetkých požadovaných a projektovaných parametrov.
3. zavádzať do praxe tepelné čerpadlá s využitím nízko potenciálnej energie z prírodných zdrojov - voda, vzduch, zem.
4. znižovanie energetickej náročnosti zariadenia, so stanovením najhospodárnejšej prevádzky.

23. Oleje

Typy olejov pre chladiace zariadenia - tribotechnika

Chladienie je v podstate uzatvorený tepelný cyklus. Chladivo vo forme pár je stlačené, čím vzrastie jeho teplota následne vstupuje do kondenzátoru, kde odovzdá teplo a skondenzuje. Vzniknutá kvapalina potom prechádza cez redukčný ventil (expanzný systém), stráca tlak a vstupuje do výparníku. Tu sa vyparuje, pričom potrebné výparné teplo získava odoberaním latentného tepla z priestoru v okolí výparníku.

Kompresor, stlačujúci pary chladiva je teda dôležitou súčasťou celého chladiaceho systému a na jeho dobrej funkcii závisí možnosť docielenia požadovaného chladiaceho účinku. Úlohou oleja je mazať jeho piesty, valce, ložiska, ventily a dotsesňovať tesniace krúžky. Pritom je však vystavený relatívne vysokým teplotám, účinkom chladiva, kyslíka a vlhkosti, hlavne v prípade netesnosti zariadenia v jeho nízkotlakej časti vrátane výparníku ak je tlak v tejto časti menší než atmosférický.

Navyše je mazací olej spolu s chladivom namáhaný v tenkej vrstve na horúcich stenách piestov a valca, na tlakovom ventile a v celej tlakovej vetve až po kondenzátor. U výkonných kompresoroch môžu teploty oleja dosiahnuť v tejto oblasti až 25 °C. Viskozita oleja preto musí byť taká veľká, aby i za týchto teplôt mal olej potrebnú mazaciu schopnosť. Olej má mať i dostatočnú tepelnú a termooxidačnú stabilitu, nemá vytvárať kaly a úsady, ktoré by bránili uzatváraniu ventilov, spôsobovali zapiekanie piestných krúžkov a zhoršovali prestup tepla.

Požiadavky a klasifikácia

Pri voľbe správneho oleja pre chladiace zariadenia sa musí dbať na to, čo všetko od maziva požadujeme. Styk oleja s chladivom v kompresore a v chladiacom okruhu vyžaduje aby obe

prevádzkové kvapaliny spolu boli optimálne zladené. Vývoj olejov pre chladiace zariadenia je ovplyvňovaný požiadavkou používania chladív nepoškodzujúcich životné prostredie, ktoré neobsahujú chlór a majú nízky skleníkový potenciál.

V oblasti mazív a techniky mazania zaujímajú oleje pre chladiace stroje zvláštne miesto. Vysoká životnosť, ktorá je očakávaná od chladiacich kompresorov, úzko súvisí s vysokými požiadavkami na kvalitu používaných mazacích olejov. Vzájomné pôsobenie s inými látkami, najmä s chladivami pri extrémne rozdielnych vysokých a nízkych teplotách, kladie na olej v okruhu celkom špecifické požiadavky.

Hlavnou úlohou olejov pre chladiace zariadenie je zabezpečenie dostatočného mazania všetkých pohyblivých častí kompresora. V závislosti na type kompresora je nutné tiež odvádzať teplo z horúcich častí a zaistiť utesnenie vysokotlakových častí kompresora, prípadne ventilov.

S typom kompresora súvisí tiež neustále presakovanie oleja do kompresného priestoru, takže sa dostáva na výtlačnou stranu chladiaceho okruhu. Oleje pre chladiace zariadenia by mali obvykle vykazovať dostatočnú miešateľnosť s príslušným chladivom. Množstvo oleja cirkulujúceho v chladiacom okruhu závisí na druhu mazania, na konštrukcii zariadenia a na dynamike prúdenia pracovnej kvapaliny. Podstatný vplyv má vzájomná rozpustnosť medzi chladivom a olejom. Podiel oleja je najmä tesne po rozbehu zvýšený vysokým penením oleja v dôsledku rozpusteného chladiva. Pri odparovaní chladiva sa olej ochladzuje a ak nezostane pritom dostatočne tekutý, nie je zaistený jeho návrat do kompresora. V kompresore je naopak požadovaná vysoká viskozita. Optimálne nastavenie prevádzkovej viskozity mazacieho oleja pri vplyve chladiva predstavuje teda vždy kompromis medzi minimálnou viskozitou potrebnou k mazaniu kompresora a dostatočnou tekutosťou zaisťujúcou dostatočnú cirkuláciu v chladiacom okruhu pri nízkych teplotách. Popri priaznivej charakteristike rozpustnosti s použitým chladivom hrá dôležitú úlohu dobrá tekutosť za studena, vysoká termická stabilita, ako i vysoká odolnosť proti starnutiu.

Pre charakterizovanie oleja pre chladiace stroje sú používané typické parametre uvedené v tab. 1.

Tabuľka 1: Typické parametre mazacích olejov pre chladiace zariadenia

farba:	DIN ISO 2049
viskozita:	DIN 51562
hustota:	DIN 51 757
číslo kyslosti:	DIN 51 558-3
obsah vody:	DIN 51 777-1/-2
bod tuhnutia:	DIN ISO 3016
bod vzplanutia:	DIN ISO 2592
miešateľnosť s chladivom:	DIN 51 514
stabilita chladiva:	ASHRAE-97/83

Pre posúdenie vhodnosti pre určitú aplikáciu sú však len tieto údaje často nedostatočné. Informácie o vplyve určitého chladiva na rozpustnosť oleja poskytujú diagramy tlak par / viskozita. Tieto údaje tvoria podklady pre návrh systému a pomáhajú posudzovať chovanie v prevádzke.

Základné požiadavky na oleje pre chladiace zariadenia sú uvedené v DIN 51 503-1. Roztriedenie mazacích olejov pre chladiace stroje je abecedne podľa používaných chladív do skupín uvedených v tabuľke.

Tabuľka Triedy mazacích olejov pre chladiace zariadenia stroje

- KAA oleje pre chladiace zariadenia nemiešateľné s amoniakom
- KAB oleje pre chladiace zariadenia miešateľné s amoniakom
- KC oleje pre chladiace zariadenia pre plne a čiastočne halogenované fluor-chlor-uhľovodíky
- KD oleje pre chladiace zariadenia pre plne a čiastočne fluorované uhľovodíky
- KE oleje pre chladiace zariadenia pre uhľovodíky (napr. propán, izobután)

Miešateľnosť mazacieho oleja s chladivom v chladiacom okruhu má rozhodujúci význam ako pre transport oleja, tak i pre celkovú účinnosť chladiaceho zariadenia. Oddelenie fáz tak môže viesť k prevádzkovým poruchám, hlavne vo výmenníkoch tepla a zberačoch. Nedostatočný návrat oleja spôsobuje nielen nepravidelnosti, ale môže tiež spôsobiť nedostačujúce mazanie a haváriu kompresoru.

Viskozita

Odpor proti tečeniu čiže viskozita oleja klesá so stúpajúcou teplotou. Pre vytvorenie mazacieho filmu v kompresore je potrebná dostatočne vysoká viskozita mazacieho oleja. Vo vnútri chladiaceho okruhu by však mala byť viskozita oleja naopak čo najnižšia. Podľa typu kompresoru a oblasti použitia je nutné voliť oleje s rôznou viskozitou. Vhodná viskozitná trieda je stanovená výrobcom kompresora.

Vplyv chladiva rozpusteného v oleji na jeho viskozitu je značný. V tabuľkách pre konkrétny olej a chladivo je možné odčítať viskozitu danej zmesi pri rôznych podmienkach tlaku a teploty a je možné určiť vplyv určitého množstva chladiva rozpusteného v oleji na viskozitu oleja.

Na stanovenie viskozity oleja pod vplyvom chladiva sa u piestového kompresora používa sací tlak v kľukovej skrini, u skrutkových kompresorov spravidla kompresný tlak (tlak v odlučovači).

V minulosti boli pre chladiace zariadenia používané prevažne chlórované chladivá (freóny). Obsiahnuté zlúčeniny chlóru pôsobia ako prísada chrániace pred opotrebovaním. Pri použití bezchlórového chladiva tato prídavná ochrana odpadá. Preto sú pre tieto aplikácie nevyhnutné oleje s zodpovedajúcimi dobrými mazacími vlastnosťami.

Tepelná stabilita

Dlhodobé tepelné preťažovanie mazacích olejov vede k tvorbe splodín, ktoré môžu spôsobiť závažné problémy. Preto je pri voľbe maziva dôležitým hľadiskom stabilita proti starnutiu. Pri rozkladných reakciách sa jedná o komplexné chemické procesy, ktoré sú katalyzované kovmi ako je meď, železo a hliník. Podľa skúsenosti zodpovedá zvýšenie teploty o 10 °C zdvojnásobeniu rýchlosti rozkladu. Niektoré chladivá, hlavne obsahujúce halogénne prvky, vedú pri tepelnom zaťažení k chemickým reakciám a drasticky znižujú stabilitu oleja.

Znáмым príznakom starnutia oleja je výskyt vylučovania medi. Pri tomto jave sa meď z chladiaceho okruhu rozpúšťa do oleja a je ukladaná na iné miesto, väčšinou na mechanicky vysoko zaťažované kovové časti (piesty, ventily). To vedie, hlavne pri súčiastkach s malými toleranciami, k poruchám.

Vylučovanie medi sa objavuje pri silnom okyslení oleja a je podporované zvýšenou vlhkosťou v systéme, znečistením rôzneho druhu a v neposlednom rade starnutím oleja vplyvom kyslíku.

Druhy olejov

Naftenické ropné oleje

Naftenické ropné oleje sú stále najvýznamnejšou skupinou olejov pre kompresory chladiarenských zariadení pracujúcich s amoniakom ako chladivom, ako i pre zariadenia pracujúce s halogenovanými chladivami. Ako naftenické oleje označujeme tiež oleje, ktoré obsahujú prevažnú časť uhľovodíkov (viac ako 38 %) v naftenickej väzbe X(N). Oleje pre chladiace kompresory na naftenickej báze majú spravidla veľmi nízky bod tuhnutia. Oblasti ich použitia zahrňujú zariadenia pracujúce s amoniakom (R 717) a halogenovanými chladivami v plne hermetických a polohermetických kompresoroch, pracujúcich pri teplotách odparovania do cca. - 50 °C. Používajú sa tiež pre mobilné klimatizačné zariadenia, klimatizačné jednotky autobusov a motorových vozidiel.

Parafinické ropné oleje

Ide o hlboko rafinované oleje pre chladiace kompresory na parafinickej báze s veľmi dobrou viskozitno-teplotnou závislosťou. Ako ropné oleje na parafinickej báze označujeme produkty, obsahujúce prevažne uhľovodíky s parafinickou väzbou (menej než 35 % v naftenickej väzbe). Oleje pre chladiace kompresory na parafinickej báze sú vzhľadom ku svojej výhodnej viskozitno-teplotnej závislosti odporúčané prednostne pre turbokompresory. Hranica použitia parafinických a naftenických olejov nie je striktno stanovená a vhodnosť použitia oleja na mazanie kompresorov nie je možné odvodiť len z rozdelenia uhľovodíkov v aromatickej X(A), naftenickej X(N), prípadne parafinickej X(P) väzbe.

Polosyntetické oleje

Polosyntetické oleje pre chladiace kompresory sú zmesi tepelne vysoko stabilných alkylbenzénov a hlboko rafinovaných naftenických ropných olejov. Podiel alkylbenzénov výrazne zlepšuje tepelné vlastnosti a rozpustnosť sú odporúčané najmä pre zariadenia používajúce chladivo R 22 resp. prechodové chladivá (napr. 401 A/B naftenických zložiek, polosyntetické oleje, 402 A/B).

Syntetické oleje alkylbenzénové

Syntetické oleje pre chladiace kompresory na báze chemicky a termicky vysoko stabilných alkylbenzénov, ktoré sa už viac rokov používajú ako nízkotuhnúce oleje. Alkylbenzény sa stále častejšie používajú v hermeticky zvarovaných a hermeticky uzatvorených kompresoroch. Vykazujú veľmi dobrú rozpustnosť chladiva, sú tepelne vysoko stabilné a pri rozbehu kompresoru majú len nepatrný sklon k peneniu. Tvorba produktov starnutia oleja je minimalizovaná, prívod oleja pri nábehu kompresora je redukovaný. Použitím špeciálnych prísad proti opotrebovaniu je minimalizované opotrebovanie nových zariadení pri zábehu. Kompresor bude bezpečne a spoľahlivo chránený pred opotrebovaním i v oblasti zmiešaného trenia za extrémnych prevádzkových podmienok. Alkylbenzény majú veľký význam pri použití prechodových chladív „drop in“ (napr. R 401 A/B, R 402 A/B, zmesi R-22) a chladiva propán/izobután. Vzhľadom k tomu, že tieto oleje sú len nepatrne toxické, používajú sa hlavne v tepelných čerpadlách navrhovaných na ohrev úžitkovej vody.

Syntetické oleje polyolesterové (POE)

Mazivá na báze ropných olejov, alkylbenzénov alebo polyalfaolefínov, nie sú, prípadne sú len nedostatočne miešateľné s chladivami bez obsahu chlóru (napr. R 134a, R 404a, R 507). Preto boli vyvinuté oleje pre chladiace kompresory na báze syntetických polyolesterov, ktoré sú miešateľné s halogenovanými chladivami. Tieto oleje vykazujú vynikajúcu tepelnú a chemickú stabilitu. Na základe montrealského protokolu z roku 1991 došlo postupne k zákazu používania halogenovaných chladív v chladiarenských zariadeniach. Od roku 1995 sa v nových zariadeniach môžu používať iba chladivá bez obsahu halogénov (Cl, F), preto sa zvýšil význam a spotreba syntetických olejov pre chladiace kompresory na báze esterov.

Prednosti olejov na báze syntetických polyolesterov

- vynikajúce mazacie vlastnosti,
- vynikajúca rozpustnosť
- bezpečné vracanie oleja z chladnej časti zariadenia, konštantný prenos tepla,
- vysoký viskozitný index, dobrá viskozitno-teplotná závislosť a tým dostatočný mazací film pri vysokých teplotách,
- veľmi dobrá termická a chemická stabilita i za prítomnosti chladiva,
- vynikajúca tekutosť pri nízkych teplotách,
- dlhá životnosť olejovej náplne,
- znášanlivosť s bežnými tesniacimi materiálmi, ako napr. NBR, HNBR a inými.

Polyolesterové oleje

sú vhodné pre všetky typy chladiacích okruhov s chladivami R 134a, R 404 A/B, R 507, prípadne so zmesnými chladivami. K dispozícii sú oleje príslušných viskozitných tried pre piestové a skrutkové kompresory používané v priemyslových chladiarenských zariadeniach, klimatizačných jednotkách, ako i pre chladiacu techniku používanú v domácnostiach. Vždy je nutné dodržiavať viskozitnú triedu oleja podľa predpisu výrobcu zariadenia. Polyolesterové oleje nachádzajú uplatnenie tiež pri použití prírodného chladiva CO₂. Vyznačujú sa vysokou termickou stabilitou a dobrými mazacími vlastnosťami v atmosfére CO₂. Ako všetky estery môžu aj esterové oleje pri styku s vodou v kompresoroch za prevádzkových podmienok podliehať hydrolýze. Z tohto dôvodu je nevyhnutné zamedziť, aby esterové oleje pri skladovaní, manipulácii a počas prevádzky chladiarenského zariadenia, mohli prijímať vzdušnú vlhkosť a vodu. Nové esterové oleje sú dodávané vysušené a plnené v dusíkovej atmosfére do plynotesných plechových obalov. Maximálny obsah vody je pod 50ppm.

Syntetické oleje polyglykolové

Polyglykoly sú mimoriadne tepelne stabilné kvapaliny s vysokým VI, výbornými mazacími schopnosťami a nízkymi bodmi tuhnutia. Vzhľadom k ich polárnemu charakteru sú polyglykoly veľmi hygroskopické a táto vlastnosť musí byť pri manipulácii s týmto špeciálnym olejom vzatá na zreteľ. Preto sú oleje pre chladiace kompresory na báze polyglykolov dodávané hlboko vysušené a plnia sa do obalov v dusíkovej atmosfére. Polyglykoly nie sú s mazivami na báze ropných olejov, alkylbenzolov a esterov kompatibilné a miešateľné, prípadne len podmienené. Toto musí byť zohľadnené pri plnení a údržbe zariadení, kedy je nevyhnutné striktne zamedziť ich zmiešaniu, prípadnej kontaminácii. Pri

nedodržaní tohto opatrenia hrozí nebezpečenstvo korózie a tvorby gélu v kompresore (produkty reakcií medzi ropným olejom, vodou, polyglykolom a kovom). Syntetické oleje pre chladiace kompresory na báze polyglykolov sa používajú pre klimatizační jednotky motorových vozidiel plnené s chladivom R 134a, s ktorým sú miešateľné. Ďalšou oblasťou použitia polyglykolov sú priemyselné systémy s NH₃, kde vykazujú veľmi dobrou rozpustnosť s chladivom.

Syntetické oleje polyalfaolefínové

Polyalfaolefíny (PAO) sa vyznačujú veľmi dobrou chemickou a termickou stabilitou, vynikajúcou viskozitne - teplotnou závislosťou, dobrými mazacími vlastnosťami, nízkymi stratami odparovaním a dobrou tekutosťou za studena. Sú určené pre použitie s chladivom NH₃. Vďaka zdravotnej nezávadnosti používaných typov nachádzajú uplatnenie v potravinárskych aplikáciách.

Iné syntetické kvapaliny

V mraziacich zariadeniach pri teplotách odparovania do -120 °C sa v minulosti používali syntetické kvapaliny na báze polyesterov kyseliny kremičitej. Pri nízkych teplotách nachádzali uplatnenie tiež produkty na báze nízkoviskózneho silikónového oleja (polydimetylsiloxany; PDMS). Tieto však väčšinou už nie sú na trhu k dispozícii. Nahradili ich nízkoviskózne esterové oleje.

Vzhľadom k výrazným zmenám v požiadavkách na chladivá, ku ktorým došlo v uplynulých rokoch sa veľmi zmenil i sortiment mazacích olejov, ktoré sa používajú pre chladiace a klimatizačné zariadenia a tepelné čerpadlá. Prejavuje sa to výrazným príklonom k syntetickým polyolesterovým olejom, ktoré vyhovujú i pre najnáročnejšie aplikácie používajúce CO₂ ako prírodné chladivo.

Rozpustnosť chladiva s olejom a vodou

Je rôzna, často závislá od rozsahu tlakov a teplôt prípadne s vymedzenými oblasťami nerozpustnosti. Výhodnejšia je nerozpustnosť s olejom, ktorý sa môže v tom prípade z okruhu jednoducho po mechanickom odlúčení odvádzať, pri chladivách, v ktorých je olej rozpustný, sa musí odlučovať tepelnou cestou. Nerozpustnosť chladív s vodou je nevýhodná, pretože pri poklese teploty pod 0°C môže nastať v škrtiacom elemente jej stuhnutie, a tým porucha funkcie.

Horľavosť a výbušnosť chladiva podstatne ovplyvňujú bezpečnostné podmienky pre stavbu a prevádzku chladiacich zariadení. Pôsobenie na konštrukčné materiály je pri jednotlivých chladivách individuálne, veľmi dôležité je chemické pôsobenie chladiva na olej.

Vlastnosti olejov

Oleje s amoniakom nerozpustné

Jedná sa o nízkotuhnúce organické, minerálne a syntetické oleje. Ich rozpustnosť s amoniakom je minimálna, takže bežne sa používa termín nerozpustné. Rozpustnosť amoniaku v oleji nepresahuje 1,2% hmot.

Hlavné parametre nízkotuhných olejov :

- Kinematická viskozita – základný parameter mazacieho oleja dôležitý pre udržanie optimálnej hrúbky mazacieho filmu zvlášť pri mazaní kompresora
- Číslo kyslosti – týmto parametrom sa posudzuje stupeň zostarnutia oleja vplyvom teploty a oxidácie
- Obsah vody – prítomnosť vody v oleji zhoršuje jeho vlastnosti a spôsobuje koróziu
- Obsah nečistôt – nadmerné množstvo spôsobuje opotrebovanie kompresora a zrýchľuje starnutie oleja
- Bod tuhnutia – veľmi dôležitý parameter pre chladiace kompresory vzhľadom k zachovaniu dostatočnej nízkej viskozity v studenej časti okruhu
- Obsah kovov v oleji – pomocou tohto parametra sa sleduje opotrebenie kompresora a sleduje sa obsah kovov nachádzajúcich sa v materiáloch súčiastok kompresora

Tabuľka Vlastnosti niektorých olejov používaných v starších kompresoroch.

Druh	ON - 1	ON - 2	ON - 3	ON - 5
Kinematická viskozita pri 20°C	29,5 ÷ 45,2	60,6 ÷ 75,9		
pri 50°C			21 ÷ 29	38 ÷ 45
Viskózný index min	40	50	50	50
Bod tuhnutia (°C)	-50	-30	-30	-25
Bod vzplanutia (°C) min	150	160	180	190
Neutralizačné číslo (mgKOH.g-1)max	0,05			
Číslo zmydelnenia (mgKOH.g-1)max	0,2			
Obsah popola (%hm) max	0,02			
Obsah asfaltu (%)	0			
Anilínový bod (°C)	nepredpisuje sa			
Obsah síry	nepredpisuje sa			

Výskum a vývoj týchto olejov a mazív je jednou z vysoko aktuálnych úloh chemického priemyslu, takže sa stále objavujú nové údaje. Preto je nutné hodnoty v týchto skriptách považovať za prierez so stavom v dobe ich písania a súčasný stav trvale aktualizovať sledovaním ďalších údajov publikovaných v literatúre a hlavne vo firemných materiáloch.

Zahraniční výrobcovia zatiaľ uvádzajú tieto informácie:

Firma Fuchs Mineralolwerke GmbH, Mannheim – uvádza vo svojich komerčných materiáloch maziva podľa tabuľky

Obchodné označenie RENISO	PG 68	PG 220
Hustota pri 15°C (kg . m ⁻³)	1038	1046
Bod vznietenia (°C)	250	250
Kinematická viskozita (mm ² .s ⁻¹)pri 20°C	175	550
Kinematická viskozita (mm ² .s ⁻¹)pri 40°C	70	220
Kinematická viskozita (mm ² .s ⁻¹)pri 50°C	14	42
Viskozitný index	210	240
Teplota tuhnutia (°C)	-51	-45

Spôsoby mazania

V ležatých kompresoroch sa môže zvlášť valec s upchávkou a zvlášť vonkajšie časti. K vnútorným častiam sa privádza olej olejovým mazacím prístrojom, a to v množstve, ktoré je možné zoradiť. U starších konštrukcií ležatých kompresorov sa olej vstrekuje do nasávaných čpavkových pár. Kľukový hriadeľ a ložiska sa mažu kvapkadím zariadením, olej steká do mazaných trecích plôch samospádom po kvapkách. Jednotlivé miesta majú buď samostatné kvapkacie maznice, alebo sa mažu z jedného miesta a olej sa rozvádza rúrkami.

V stojatých kompresoroch s piestom sa používa rovnaký olej pre mazanie ložísk, mechanizmus zalomeného hriadeľa, valcov i upchávok. Tieto kompresory sa mažu buď rozstrekom, alebo obehovým mazaním z olejového čerpadla. Zvlášť namáhavé kompresory majú mazanie so samostatným mazacím prístrojom.

Mazanie rozstrekom sa používa len u malých kompresorových jednotiek. Najbežnejšie je obehové mazanie pomocou olejového čerpadla. Veľmi často sa oba tieto spôsoby kombinujú, poprípade sa ešte pripojuje mazací prístroj.

M a z a n i e r o z s t r e k o m : Skriňa zalomeného hriadeľa je naplnená olejom. Olejnica pri otáčavom pohybe zalomeného hriadeľa naráža na hladinu oleja a rozstrekuje ho, olej lipne na stenách valca a steká po nich do ložísk, vniká do ojničného ložiska a rozstrieknutím sa zanáša i do ložiska piestneho čapu.

M a z a n i e o b e h o v é : Kľuková skriňa je zaplnená olejom. Na najnižšom mieste je sito sacieho potrubia olejového čerpadla. Čerpadlo je zubové s pohonom od zalomeného hriadeľa priamo unášačom alebo pomocou prevodov. Nasáva olej zo skrine a tlačí ho zvláštnou trúbkou do upchávky a hlavných ložísk, vŕtaným hriadeľom do ojničného ložiska a vŕtanou ojnicou alebo trubičkou do oka

miestneho čapu. Valce mávajú samostatné prírodné potrubia. Olejové čerpadlo nasáva a vytlačuje len v jednom zmysle otáčania, a preto je treba dodržať smer otáčania vyznačený šípkou na kompresory. Niekedy sa valce okrem toho mažu ešte rozstrekom tak, že sa ojnice namočia v oleji. Použitý olej steká späť na dno skrine, odkiaľ ho čerpadlo znovu nasáva. Olej teda obieha - odtiaľ názov obehové mazanie. V oboch prípadoch sa časť oleja, ním sa maže valec, strhuje parami a odnáša z kompresora do ďalších častí zariadenia. Hladina oleja sa teda v skrini znižuje. Pre kontrolu, že je stroj mazaný, je na spodnej časti steny skrine priestor s vyznačenou normálnou, maximálnou a minimálnou výškou hladiny oleja, ktorú je treba udržiavať.

Ak klesne hladina pod značku, musí sa náplň skrine doplniť novým olejom. Ak olej ubúda napadne rýchle, je treba zistiť príčinu / opotrebovania alebo nesprávna veľkosť piestnych krúžkov a pod./

Novšie kompresory mávajú istič tlaku oleja, ktorý pri poklese tlaku vypne spínač elektromotora kompresora.

Niektoré stojaté kompresory / staršia konštrukcia / majú mazací systém doplnený samostatným mazacím prístrojom, spravidla pre mazanie valcov. Pre jednotlivé miesta sú samostatné vývody. Množstvo dopravovaného oleja možno zriadiť zdvihom piestu. Pohon je tiež od zalomeného hriadeľa. Jeho výhodou je, že pred spúšťaním kompresora možno natlačiť olej na príslušné miesta ručne, kľukou. Týmto mazacími prístrojmi sú vybavené ležaté kompresory pre mazanie valca a upchávky.

Účelom mazania je vytvoriť na trecích plochách tenkú olejovú vrstvu, tzv. olejový film. Keď sa pri nedostatočnom prívode oleja alebo z iných príčin súvislosť olejového filmu poruší, nastane polosuché alebo suché trenie a klzné plochy sa zadierajú.

Okrem mazania má olej úlohu dotesniť piestne krúžky vo valci. Olejový film, ktorý vyplňuje medzeru medzi piestnym krúžkom a valcom, je súčasne tesniacim elementom týchto dvoch častí.

Nakoniec pristupuje ešte c h l a d i a c i ú č i n o k o l e j a . Privádzaný olej je chladný, takže prijíma od valca a ložísk, a najmä od upchávky časť tepla vzniknutého trením a odvádza ho. Preto teplota olejovej náplne v kompresory behom prevádzky stúpa, niekedy i na teplotu vyššiu ako je + 50°C.

Príliš vysoké teploty oleja nie sú žiaduce.

U zvlášť namáhavých kompresorov, kde býva ohriatie oleja značné, sa obehový olej chladí buď malým protiprúdny vodným chladičom, umiestneným mimo kompresor, alebo trubkovým hadom vloženým do oleja v skrini, hadom preteká voda.

V malých a stredných kompresorov sa mažu klzné časti rozstrekom a olejom obsiahnutých v parách chladiva. V stredných kompresoroch odlúčený olej periodicky prepustí plavákový ventil z odlučovača oleja späť do skrine kompresora.

Výmena a dopĺňovanie oleja

Oleja v kompresore sa kontroluje nielen množstvo, ale aj jeho akosť. Jemnými časticami obrúsenými z piestnych krúžkov a z valca aj s inými nečistotami sa olej znehodnocuje. Okrem toho olej stráca svoju kvalitu /starne/ pôsobením kovov, vysokých teplôt, chladivom a zvlášť vzduchom a vodou. Starnutím olej stráca mazaciu schopnosť. Po dosiahnutí určitého stupňa znehodnotenia sa musí olej v skrini kompresora vymeniť. Ako hranica sa udáva 1 000 pracovných hodín.

Pri nových kompresorov sa predpisujú kratšie intervaly výmeny oleja preto, že zabehávanie kompresorov predstavuje poslednú fázu opracovania kladných častí, pretože v mazacom okruhu, v skrini a vo valci mohli ostať čiastočky materiálu po obrábaní.

Časové intervaly sa postupne predlžujú :

- prvá výmena oleja po 50 hodinách,
- druhá po ďalších 100 hodinách,
- tretia po 400 hodinách,

ďalej sa vymieňa olej v intervaloch 1 000 hodín.

Pri výmene náplne sa musí všetok olej vypustiť a kaly a usadeniny na dne a sitku odstrániť. Doručuje sa aspoň pri každej druhej výmene oleja, nielen pri zabehávaní, ale neskôr v prevádzke. Po vypustení oleja a odstránení kalov prepláchnuť skriňu a mazací systém s olejovým čerpadlom preplachovacím olejom. Ak má olejový filter mazací systém, musí sa rovnako pri každej výmene oleja dôkladne vyčistiť.

Keď hladina oleja klesne na minimálnu dovolenú hranicu, vyznačenú na olejoznaku, musí sa olej do kľukovej skrine doplniť. Dopĺňa sa za chodu kompresora. Po uzavretí sacieho ventilu sa zníži tlak v skrini. /Výtlačná teplota môže stúpať!/

Ak má kompresor zvláštnu nádobku na doplňovanie oleja s ventilom, naleje sa do nej pripravený olej a pri dostatočnom podtlaku sa otvorí ventil. Ak kompresor len doplňovací ventil, nasadí sa na neho pryžová hadička a ponorí sa do nádoby s olejom. Akonáhle hladina oleja v skrini vystúpi na predpísanú výšku, doplňovanie sa preruší. Je treba dať pozor, aby sa do skrine nenasal vzduch, musí sa pracovať rýchle vzhľadom k vyššej teplote a k zhoršenému mazaniu.

Olej pre kompresory s halogénovanými chladičmi nesmie obsahovať vlhkosť.

Následky zaolejovania a nedostatočného mazania

Olej z valca sa roznáša po celom okruhu. Olej sa jemne rozptýli a pary chladiča odnášajú olejovú hmlovinu do výtlačku. Vo výtlačnom potrubí je odlučovač oleja, kde sa má olejová hmlovina odlúčiť. Sčasti sa odlúči, sčasti sa však olej unáša až do kondenzátora. Keď sa kompresor maže nadmerne, nie je v poriadku alebo keď sa nepravidelne a menej často odolejuje, strháva sa olej z odlučovača znovu a množstvo oleja odnášané do ďalších častí zariadenia sa zvyšuje.

Väčšinou sa starostlivo sleduje množstvo oleja doplneného do kompresora, menej starostlivo sleduje množstvo oleja vypustené zo zariadenia. Keď sa vedú záznamy svedomite, možno zistiť, že sa niekedy stratili desiatky, u veľkých zariadení i stovky litrov oleja.

“Stratili sa” v zariadení a tým zhoršujú podmienky prestupu tepla, znižujú chladiaci výkon a zvyšujú spotrebu energie.

Znížením teploty v kondenzátory a skvapalňovaním amoniaku sa olej vylúči a usadzuje sa na kondenzačných plochách ako tenký olejový film. V kvapalnom amoniaku zostane len čiastočne rozptýlený, v zberači sčasti klesá ku dnu. Olejový film na kondenzátorových trubkách zhoršuje prenos tepla, tým sa znižuje výkon kondenzátora, zvyšujú sa tlaky a kondenzačné teploty a prevádzka je menej hospodárna. S kvapalným amoniakom sa olej regulačným ventilom dostáva na studenú stranu chladiaceho zariadenia, kde sú pri nízkych teplotách podmienky pre jeho vylúčenie vhodnejšie, avšak z hľadiska prestupu tepla ďaleko nepriaznivejšie. Výparník sa stáva akousi destilačnou stanicou na olej.

Zhoršujú prestup tepla, zvyšujú teplotný rozdiel medzi vyparujúcim sa chladivom a chladenou látkou a výkon výparníka klesá. Spravidla vtedy, keď už žiadnymi zákrokmi nemožno zaistiť požadované teploty, pristúpi sa k úplnému vyčisteniu chladiaceho okruhu. V praxi niet u veľkých zariadení neobvyklé, že sa potom olej vypúšťa niekoľko hodín i niekoľko smien, t. j., že miesto očakávaných vedier vytečú sudy oleja.

Zaolejovanie zariadenia zhoršuje hospodárnosť prevádzky

Preto sa kladie veľký dôraz na správne a pravidelné odolejovanie. S chladivami CFC, HCFC a HFC sa olej mieša, neodlučuje sa olej v kondenzátore vo forme olejového filmu na stenách ani sa nevylučuje v zbierači.

Olej rozpustený v chladive sa dostane do výparníka a ani tu pri zníženej teplote sa neodlúči. Dochádza však k inému nepriaznivému úkazu. Stálym vyparovaním chladiva sa môže zvyšovať koncentrácia oleja vo výparníku. Odstrániť olej z výparníka a vrátiť ho do obehu je možné len tak, že sa odsajú pary s dostatočnou rýchlosťou, ktoré v drobných kvapôčkach odnesú i olej v chladive rozpustený.

Napriek tomu sa však prechod tepla zhoršuje a roztok chladiva a oleja majú za rovnakého tlaku vyššiu vyparovaciu teplotu ako čisté chladivo.

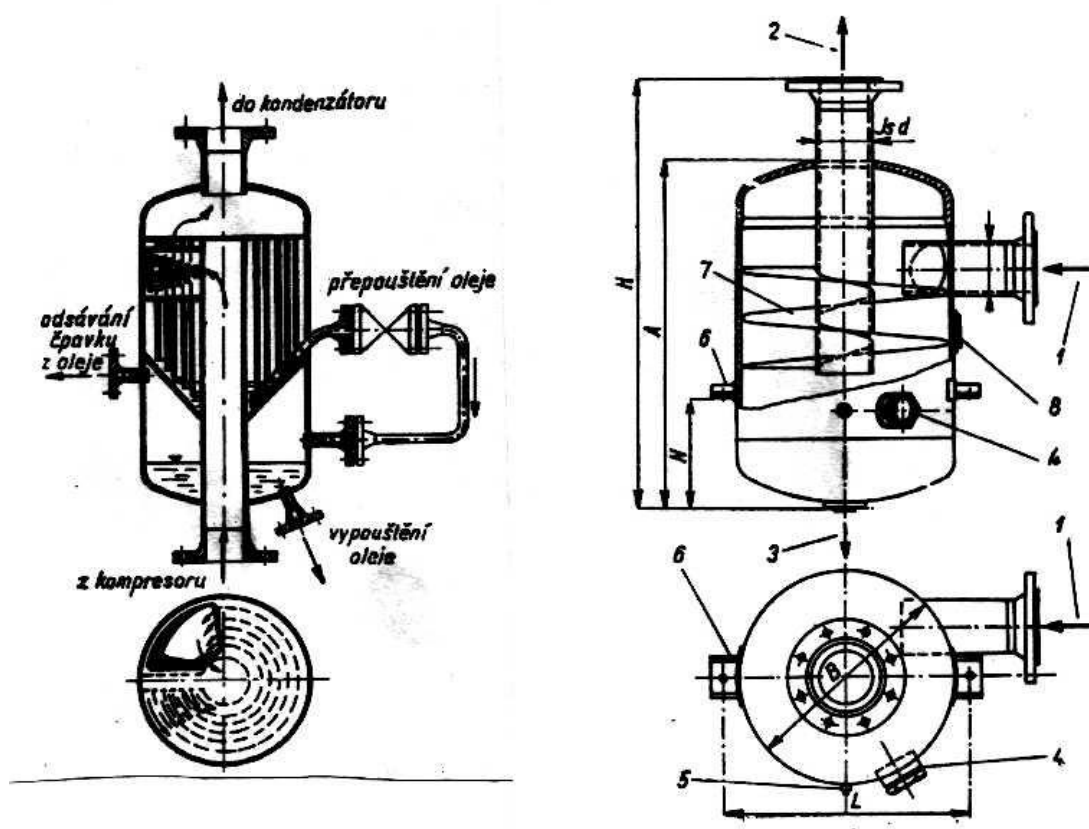
Ak má mazanie kompresora za následok zaolejovanie zariadenia, ohrozuje sa nedostatočným mazaním kompresor, prípadne sa môže i zničiť. Nedostatok oleja spôsobuje väčšie opotrebovanie klzných plôch valca, krúžkov, ložísk, väčší nedostatok oleja alebo prerušenia mazania niektorého miesta môže zaviniť haváriu.

Odolejovanie

Najväčšia časť oleja sa má odlúčiť v odlučovači oleja. Aby sa zvýšila účinnosť odolejovaním, chladia sa niektoré amoniakové odolejovače vodou. V niektorých typoch / menšie a stredné kompresorové jednotky / sa vedie nazhromaždený olej späť do klukovej skrine a prepúšťa sa plavákovým zariadením.

Veľké chladiace zariadenia majú ručnú obsluhu odolejovania. Odolejovať sa má najmenej 1 x za zmenu. Ak majú kompresory väčšiu spotrebu, môžu sa odolejovať častejšie, i dva krát za zmenu. Častejšie odolejovanie býva nutné aj vtedy, ak sú odlučovače oleja malé.

Kompresory rovnakého typu pracujúce za rovnakých podmienok môžu byť značne rozdielne v spotrebe oleja, preto je stanovenie cyklu odolejovania individuálna.



Obrázok Používané odlučovače oleja

Pri odolejovaní sa postupuje takto :

Asi na 1 až 2 minúty sa otvorí ventil spájajúci zberač oleja so sacím potrubím kompresora a potom sa opäť uzatvorí. Tým sa odsajú zo zberača pary a zníži sa tlak. Potom sa na 1 až 2 minúty otvorí prepúšťací ventil medzi odlučovačom oleja a zberačom. Olej do neho preteká a postupne sa v ňom zhromažďuje. Tým sa zabráni, aby hladina odlučovaného oleja dosiahla v odlučovači takej výšky, že by bol olej na hladine strhávaný parami chladiva do výtlaku.

Jedenkrát denne sa olej zo zberača vypustí. Ak je zberač väčší môže byť interval dlhší. Postupujeme pri tom tak, že sa na jeden až dva minúty otvorí ventil v prepojovacom potrubí medzi zberačom a sacím potrubím kompresoru čím sa zo zberača vysajú pary chladiva. Potom sa ventil uzatvorí a olej sa vypustí do nádoby. Vypúšťanie oleja sa riadi podľa zaťaženia kompresoru. Čím viac je kompresor zaťažený tým častejšie sa olej vypúšťa.

Pary sa majú zo zberača odsávať opatrne, aby straty chladiva boli pritom čo najmenšie. Olej zhromažďovaný v ostatných častiach zariadenia sa má pravidelne jedenkrát za mesiac alebo za štvrtrok vypúšťať a to najmä z kondenzátoru, zberača kvapalného amoniaku, medzichladiča, odlučovačov kvapaliny a z výparníkov.

Olej sa najlepšie vypúšťa po nočnej prestávke, kedy je hladina ustálená. Odolejovanie časti zariadenia je vždy spojené s väčšou stratou oleja než u odolejovačov. Chladivo v oleji pohltené sa na vzduchu vyparuje a schladzuje vytekajúci olej, ktorý tuhne. Preto olej vyteká pomaly, čím pary amoniaku značne obťažujú pracovníkov a zhoršujú pracovné podmienky. Veľké chladiace zariadenia majú jeden centrálny zberač oleja (obrázok).



Obrázok Centrálny zberač oleja

Hospodárenie s olejmi

Použitý olej sa nechá ustáť v otvorenej nádobe, aby chladivo vyprchalo a na dno sa usadia hrubé nečistoty a kaly. Po prečistení - prefiltrovaní kedy je olej zbavený nečistôt sa môže prilievať do čerstvého oleja v pomere 1:2 alebo 1:1. Olej sa ukladá zvlášť a po nahromadení sa odovzdáva ako opotrebený olej. Oleje sa nesmú uskladňovať na voľnom priestranstve. Na väčšie množstvo oleja sa vyrábajú zberné nádoby NOH a ZON, ktoré zabezpečujú bezpečné uskladnenie oleja. Používaním správneho oleja a mazív, ich doplňovaním a výmenou správnych časových intervaloch sa zníži nielen spotreba oleja a príslušných mazív, ale usporí sa aj elektrická energia, zníži poruchovosť a predĺži životnosť strojov. Skryté rezervy sú v riadnej a kvalitnej údržbe jednotlivých častí chladiaceho zariadenia a v celkovom ošetrovaní. Výmenou čiastočne opotrebovaných súčastí a preventívnou údržbou je možné spotrebu oleja znížiť. Rovnako viacnásobné využitie oleja u kompresorov prispieva k hospodáreniu prevádzky.

Vzduch v chladiacom zariadení

Vzduch v chladiacom zariadení značne zhoršuje hospodárnosť prevádzky a môže byť príčinou ďalších chýb zariadenia. Rovnako z hľadiska bezpečnosti nie je jeho prítomnosť žiadúca.

Sústavným odstraňovaním vzduchu sa zlepšia prevádzkové pomery / teploty, tlaky / a podstatne sa zhospodárni prevádzka / menšia spotreba elektrického prúdu /. Odvzdušňovací prístroj, ktorý vypúšťa vzduch automaticky býva mnoho ráz vyradený z prevádzky. Ak sa má hospodárnosť chladenia zvýšiť je treba odvzdušňovaniu venovať pozornosť.

Vzduch a iné nekondenzujúce plyny vnikajú do zariadenia, ktoré pracujú s nižšími vyparovacími tlakmi ako je tlak atmosférický, väčšinou pri odsávaní skrine kompresoru, pri doplňovaní oleja, chladiva a pri údržbe a opravách. Do zariadenia sa vzduch dostáva v celej nízkotlakej strane chladiaceho zariadenia a to netesnosťami spojov a armatúr.

Najviac vzduchu sa môže dostať do okruhu pri opravách. Aby po napojení opravovaného aparátu nezostal v zariadení vzduch, odsaje sa kompresorom a vypúšťa sa buď odvdzušňovacím ventilom na kompresory, alebo povolenou prírubou na výtlačnom uzatváracom ventile. Zníženie tlaku v odsávanej časti závisí na konštrukcii kompresora, nedosiahne však absolútneho vákua, ale len asi 0,05 at. Zbytok vzduchu sa dostane do chladiaceho obehu.

Vzduch a nekondenzujúce plyny, ktoré vnikli do zariadenia, sa hromadia vo výtlačnej časti okruhu nad hladinou kvapalného chladiva. Vzduch, jeho merná tiaž je menšia ako u čpavkových par / pri kondenzátorovom tlaku /, zaplňuje hornú časť kondenzátorových systémov. Ak je kompresor v chode, mieša sa vzduch neustále s parami chladiva, lepšie sa oddelí, ak sú kompresory v klude. Ďalej sa vzduch účinne oddelí v zberači kvapaliny, kde je pohyb kvapaliny omnoho kludnejší.

Z hornej časti kondenzátora a z najvyššieho miesta zberača sa vzduch vypúšťa buď samostatnými ventilmi, alebo spoločným ventilom do atmosféry, alebo sa zmes vzduchu z čpavkových par zvádza do odvdzušňovacieho prístroja, kde intenzívnym ochladením zmesi pod 0°C pary chladiva z väčšej časti skondenzujú a vzduch sa vypúšťa cez vodný uzáver.

Na rozdiel od zariadení kompresorových sa môže v absorpčnom chladiacom zariadení hromadiť vzduch a nekondenzujúce plyny nielen v kondenzátory a v zberači chladiva ale i v absorbéri a zberači bohatého roztoku, niekedy i vo výparníku.

Ak sa nezhorší prestup tepla, musia sa nekondenzujúce plyny z absorbéra vypúšťať denne. Na zariadení býva napojený odvdzušňovací aparát zvláštnej konštrukcie kde sa zmes premýva silne podchladeným chudým roztokom, niekedy sa používajú aparáty rovnakej konštrukcie ako u kompresorových zariadení.

Zisťovanie vzduchu v chladiacom zariadení

Na prítomnosť vzduchu v chladiacom zariadení je možné uschovať podľa týchto znakov :

- Výtlačný manometer na regulačnej stanici ukazuje vyšší tlak i keď teploty a množstvo chladiacej vody zostávajú nezmenené, teplota podľa manometra je podstatne vyššia ako teplota odtekajúceho kvapalného chladiva a vyššia ako teplota odtekajúcej vody. Normálny rozdiel medzi kondenzačnou teplotou a teplotou odtekajúcej vody býva do 5°C, niekedy 6 až 10°C. U odparovacích kondenzátorov býva rozdiel teploty kondenzačnej a teploty obehovej vody 5°C až 6°C. Ak sú rozdiely väčšie znamená to, že v zariadení môže byť vzduch. Kondenzačná teplota podľa údajov manometra je vyššia ako skutočná teplota kondenzačná, lebo v kondenzátory je zmes chladivových par a par vzduchu.
- Chvenie ručičky výtlačného manometra je značne väčšie ako normálne. Niekedy možno pozorovať i značne chvenie kondenzátorových hadov.

- Teplota výtláčného potrubia je úmerná zdanlivo kondenzačnej teplote / zvýšenému tlaku následkom prítomnosti vzduchu /, niekedy skutočnému kondenzačnému tlaku / teplote / chladiwa v kondenzátory.

Vplyv zavzdušnenia na chladiace zariadenie

Vzduch v kondenzátory má nepriaznivý vplyv na celé chladiace zariadenie. Hospodárnosť prevádzky sa zhoršuje a náklady za chladenie rastú. Tento nepriaznivý vplyv je spôsobený tým, že v kondenzátory je celkový tlak vyšší o čiastočný tlak vzduchu. Kompresor musí dopravovať chladiwo proti tomuto vyššiemu tlaku, tj. pracuje s vyšším kompresným pomerom, objemová a dopravná účinnosť kompresoru sa znižuje a klesá aj chladiaci výkon. Zvýšeným tlakom sa zvyšuje kompresná práca a rastie spotreba elektrickej energie.

Výkon kondenzátora klesá. Na stenách sa vytvorí vrstva nekondenzujúcich plynov, ktorá zhoršuje prestup tepla. Preto je treba predĺžiť dobu chodu kompresora, aby chladiaci účinok kompresora - zariadenia a teda aj tepelné stavy chladených miestností ostali nezmenené. Predĺžená pracovná doba strojov znamená väčšiu spotrebu elektrickej energie. Zvýšené tlaky sťažujú aj mazanie kompresorov a prispievajú k jeho rýchlejšiemu opotrebovaniu.

Stáva sa, že v zlom udržiavanom a v zlom odvzdušňovanom zariadení stúpnu kondenzačné tlaky vplyvom zavzdušnenia o 1,5 až 2,5 at.

Vplyvom vzduchu a nekondenzujúcich plynov / predovšetkým vodíka /, ktoré pochádzajú pravdepodobne z rozkladu chladiwa, vody v chladiwe obsiahnutej alebo olejov pri vyšších teplotách, zvyšuje sa nebezpečie výbuchu čpavkových zariadení. Pravidelne odvzdušňovanie je preto predovšetkým nutné i z hľadiska bezpečnostného.

Odvzdušňovanie zariadení

Odvzdušňovanie ventilov na kondenzátory a na zberači kvapaliny je síce účinné, ale neekonomické, pretože spolu so vzduchom uniká veľké množstvo par chladiwa. Pomerne množstvo par chladiwa v zmesi so vzduchom stúpa s teplotou zmesi. Preto sa má odvzdušňovať, ak je zariadenie v klúde a teplota v kondenzátory čo najnižšia, najlepšie po nočnej alebo dlhšej prevádzkovej prestávke, pri nej sú kompresory v klúde, avšak voda sa na kondenzátor privádza. Namiesto priamo do atmosféry je lepšie vzduch vypúšťať cez vodný uzáver. Na odvzdušňovací ventil sa pripojí gumová hadica, ktorá sa ponorí do nádoby s vodou. Vzduch prebubľe, zvyšky čpavkových pár pohltí voda.

Napriek tomu je i tento spôsob odvzdušňovania nedokonalý, lebo straty chladiwa sú stále dosť značné a odvzdušňovať sa môže len za prevádzkovej prestávky.

Tieto nedostatky odstraňujú odvzdušňovacie prístroje.

Zmes chladiwa a vzduchu sa ochladzuje na teplotu vyparovaciu, takže straty chladiwa sú menšie a odvzdušňuje sa sústavne za chodu kompresorov.

Obsluha odvzdušňovacích prístrojov závisí na ich konštrukcii. Otvorením nástreku od regulačného ventilu môže sa odvzdušňovať ihneď po spustení strojov. Akonáhle sa vytvorí dostatočne množstvo kvapaliny kondenzujúceho chladiva v zmesi, nástrek sa privrie a prepustí sa skvapalnené chladivo.

Prístroje sa musia spúšťať opatrne, pretože sa otvorením ventilov prepojí oblasť vysokého a nízkeho tlaku chladiaceho okruhu.

Najprv sa otvorí prívod zmesi vzduchu a par chladiva z kondenzátora. Ďalej sa otvorí spojenie medzi odvzdušňovacím prístrojom a sacím potrubím kompresora. Tak sa pomaly otvorí vstrekovací ventil z regulačnej stanice a opatrne sa otvorí prepúšťací ventil. Tým sa spojí sacia strana so stranou výtlačnou. Až nakoniec sa otvorí vstrekovací ventil, ktorým sa vypúšťa vzduch a nastaví sa tak, aby vzduch unikal pravidelne a kľudne. Prívod kvapalného chladiva za ventilom a prípadne i výstupné sacie hrdlo sa uzavrie.

Pri odvzdušňovaní absorpčného zariadenia

Musí sa najskôr vychladiť chudý roztok. Zmes vzduchu a chladiva sa ma vypúšťať postupne z každého aparátu absorbéra, zberača bohatého roztoku, kondenzátora, niekedy výparníka, zberača kvapaliny samostatne. Súčasne len z tých aparátov, ktoré majú rovnaký tlak.

Pri zastavení chladenia sa musí uzavrieť prepúšťací ventil spájajúcej oblasti dvoch rozdielnych tlakov.

Odvzdušňovať sa tiež môže priamo asi tak, ako keď sa odvzdušňuje len odvzdušňovacím ventilom na kondenzátore. Na odvzdušňovacom prístroji sa otvorí prívod zmesi z kondenzátora a vypúšťací ventil. Ventily prepúšťacie a ventily na odsávanie par sú uzavreté.

Vzduch sa vypúšťa do vody. Pretože ani z odvzdušňovacieho prístroja neodchádza vzduch úplne zbavený čpavkových par, nasýti sa voda amoniakom. Množstvá čpavkových pár unikajúcich so vzduchom závisia od teploty, na ktorú sa zmes ochladí.

Rozpúšťacie teplo amoniaku vo vode je veľké, u plynného amoniaku asi 440 kcal/kg. Voda i nádobka sa zahrievajú tým viac, čím viac amoniaku je v zmesi.

Nasýtená voda už ďalší amoniak neprijíma a zmes tak uniká cez vodný uzáver. Preto sa má voda v nádobke častejšie vymieňať, aby bolo možné zistiť stav unikajúcej zmesi.

Amoniak sa vo vode prezradí, bublinky čpavkových par stúpajúce od ústia vypúšťacej trubice sa cestou rozplynú, čerstvá voda sa rýchle zakalí, voda i nádobka sa zahrievajú a pohlcovanie amoniaku je sprevádzané tichým praskaním.

Aby pozorovanie bolo ľahšie, je lepšie používať nádoby sklenené ako plechové. Ústie vypúšťacej trubičky vo vode máva niekedy guľôčkový ventil s bočnými otvormi.

Doplňovanie zariadení chladivom

Plnenie zariadení chladivom po montáži.

Na kompresorových zariadeniach sú plniace ventily umiestnené medzi regulačným ventilom a kondenzátorom pred hlavným škrtiacim ventilom. Pri plnení je prívod kvapaliny zo zberača uzavretý, kompresor odsáva chladivo, ktoré kondenzuje a zhromažďuje sa v zberači, zo zberača sa najprv plnia

aparáty a potrubia. Teploty vo výtlaku bývajú vyššie, ak prestúpia cez dovolenú hranicu, musí sa kompresor zastaviť a počkať až vychladne. Chladiaca voda tečie stále na kondenzátory a primárny okruh sa trvale odvzdušňuje odvzdušňovacím aparátom. V prestávkach, kde sú kompresory v kľude, odvzdušňuje sa priamo na kondenzátory.

Do veľkých zariadení sa plní chladivo súčasne z niekoľkých fľašiek, niekedy, ak u strojovni vlečka, z cisterny. Okrem chladiaceho okruhu sa naplnia i zvláštne zásobníky chladiva, ktoré niekedy bývajú u zariadenia. Zariadenie sa môže začať plniť, až vtedy keď je montáž riadne ukončená. Postup plnenia a zaobchádzania s dopravnými nádobami na chladivo bude podrobne popísaný v ďalšej kapitole.

Veľké absorpčné zariadenia amoniakové

Plnia sa dvoma spôsobmi, ďalej uvedenými. Voda pre plnenie musí byť raz, prípadne dvakrát destilovaná. Ako inhibítory korózie sa používa 0,2% -ného dvojchromanu sodného alebo draselného. Názory na množstvo a druh prísad sa dosiaľ značne rozchádzajú. Informatívne údaje o množstve náplne moderných absorpčných zariadení uvádzajú 5 až 8 kp NH_3 a 7 až 9 kp H_2O pre 1 000 kcal/h.

1. **Prvý postup plnenia** Vychádza zo zásady tvorenia bohatého roztoku v absorbéri. Čisté a odsaté zariadenie sa ventilmi /umiestnenými za hlavným škrtiacim ventilom výparníka/ naplní amoniakom na 2 až 3 at. Potom sa zo zvláštneho zásobníka čerpá do chladeného absorbéra destilovaná voda, použije sa cirkulačných čerpadiel na roztok a vhodne prepojených odtokov. Za stáleho dopĺňovania amoniaku sa vytvorí v zberači bohatého roztoku a poprípadne i približne v 1/4 absorbéra roztok, ktorý sa prečerpá do mierne vytápaného vypudzovača. Tento postup sa niekoľkokrát opakuje, až v zberači kvapalného amoniaku asi 3/4 výšky, začne sa amoniak pomaly vstrekať do výparníka, tak sa dosiahne všade správnych hladín, i vo výparníku, ktorý sa plní ako posledný, keď už roztok obieha.
2. **Druhý postup plnenia** Vychádza zo zásady tvorenia roztoku vo vypudzovači. Rovnako ako v predchádzajúcom postupe sa celý okruh naplní asi na 2 až 3 at. amoniakom. Potom sa čerpá voda do vypudzovača, kde sa tvorí roztok v zberacej časti. Roztok sa pretlačí do absorbéra tlakom amoniaku vypusteného z fľaše cez kondenzátor / tlak nesmie vnikáť do výparníka! / a tlak stúpne na 3 at. Absorpčný tlak klesá a celý postup sa opakuje, až sa dosiahne správnej výšky hladiny a potrubie v okruhu roztoku sa naplní. Ak dosiahne hladina vo vypudzovači a v zberači roztok asi 1/3 výšky spustí sa obeh a pritom sa dopĺňuje amoniak z fľaše priamo do výparníka.

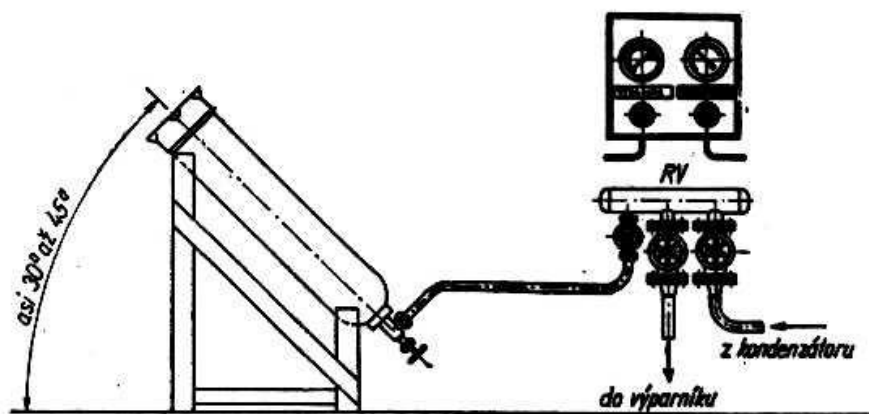
Doplňovanie a vypúšťanie chladiva

Netesnosťami v primárnom okruhu a pri opravách a údržbe uniká chladivo zo zariadenia, a preto sa musí pravidelne doplňovať.

Chemický čistý, bezvodý amoniak, R 12 a metylchlorid predpísaných akostí pre chladiacu techniku sa dodávajú v oceľových prepravných nádobách / oceľové fľaše pre skvapalnené plyny /, výnimočne v cisternách / tak veľkého množstva k doplňovaniu nie je potrebné /. Najčastejšie sa používajú fľaše o obsahu 40 l.

Pred plnením sa fľaše asi na pol dňa postaví hrdlom dole do šikmej polohy, prípadne do polohy zvislej, zaistí sa železnými obručami proti pádu. Nečistoty stečú dole k hrdlu. Pred napojením na zariadenie sa odskrutkuje ochranný klobúčik, pootvorí sa ventil na fľaši a nečistoty sa vypustia. Pritom sa zistí, či fľaša skutočne obsahuje žiadané chladivo.

Otváranie a uzatváranie ventilov musí byť rýchle, aby neuniklo príliš chladiva. Pri plnení amoniakom musia byť po ruke plynové masky. K plneniu sa postaví fľaša šikmo ventilom dole do stojana prispôbeného tvaru fľaše (obrázok)



Obrázok Poloha fľaše pri plnení

Vo väčších zariadeniach sa napojuje súčasne na spoločnom stojane 2 až 5 fliaš. Od prípravy až do ukončenia plnenia sa poloha fliaš už nemení. Fľaše sa pri plnení nemajú stavať zvisle ventilom dole, aby sa z nich do zariadenia nenasali usadené nečistoty. Plniaci ventil na regulačnej stanici sa na fľaše napojí tenkou oceľovou rúrkou so závitmi.

Ventily na fľašiach bývajú rôzne, pre amoniak sú bez farebných kovov so závitom pre kryciu matice (závernou) G 3/4, na ktorý sa naskrutkuje prevlečená matica s tesnením na plniacej rúrke.

Výhodné je postaviť fľašu so stojanom na váhu a z rozdielu váhy pred plnením a váhy po vyprázdňovaní zistiť množstvo doplneného chladiva. Môže sa stať, že nie sú všetky fľaše úplne naplnené a preto je zistené množstvo doplneného chladiva podľa počtu fliaš len približne.

Pri plnení je ventil za kondenzátorom uzatvorený, takže do regulačného ventilu nemôže tiecť kvapalné chladivo z kondenzátora. Pred plnením sa vysaje amoniak z výparníka, aby dopĺňované chladivo mohlo zvýšeným pretlakom prúdiť z fľaše do výparníka.

Spustí sa kompresor, ktorý trvale odsáva pary z výparníka, a tak sa obsah fľaše presaje do kondenzátora. Potom sa otvorí ventil na fľaši a ventily plniace a regulačné. Nato sa uzavrie ventil na fľaši a ventil plniaci a napojí sa ďalšia fľaša.

Spôsoby polievania fliaš vodou, aby sa v nich zvýšil tlak pary a chladiva sa čo najviac odsali sa používajú zriedka. Ak sa ho predsa použije, nesmie byť voda teplejšia ako 40°C. Úplne neprípustné je ohrievať fľaše plameňom / napr. zváracieho prístroja/.

Správne množstvo náplne

Možno posúdiť podľa toho, ak sú po spätnom uvedení zariadenia do chodu teploty a tlaku v celom zariadení normálne a zberač kvapaliny naplnený do predpísanej výšky.

Ak sa doplňuje väčšie množstvo chladiva do veľkých zariadení

Je výhodné plnenie prerušiť a kratším chodom zariadenia vyskúšať, ak je už náplň dostatočná, podľa potreby sa buď v plnení pokračuje, alebo sa prestane. Zlým odhadom sa môže stať, že sa zariadenia preplnia. Niekedy je treba z rôznych príčin / pri odstavení zariadenia, väčšia rekonštrukcia atď. / chladivo z časti alebo z celého zariadenia vypustiť.

Ak má zariadenie centrálné zásobníky chladiva a ide len o vyprázdnenie jeho časti, prepustí sa kvapalina do zásobníka. Inak sa stačí naplniť zberač kvapaliny, ak nie je v ňom predpísané množstvo do 3/4 obsahu. Ak nie je taká možnosť a musí sa chladivo vypustiť, prepustí sa späť do fľaše.

Pri vyprázdňovaní celej náplne alebo jej časti sa používajú tieto oceľové fľaše, v ktorých sa chladivo dodá. Iných fľaši sa nesmie použiť.

Prázdna fľaša sa obráti a pripojí na plniaci ventil. Uzavrie sa regulačný ventil a otvorí sa ventil na fľaši a ventil plniaci. Tekuté chladivo z kondenzátora vteká tak namiesto do výparníka, do fľaše. Aby sa tlak vo fľaši znížil, polieva sa fľaša studenou vodou alebo sa obkladá ľadom. Fľaša sa nesmie úplne naplniť, aby sa v parnom priestore nad hladinou mohla kvapalina rozpínať.

Ročná spotreba amoniaku býva rôzna podľa typu strojného zariadenia a jeho stavu. Pri pravidelnej a preventívnej údržbe zariadenia sa na každých 1 000 kcal/h chladiaceho výkonu doplňuje amoniak :

u priameho chladenia 2 až 2,8 kp / rok

u kombinovaného chladenia 1,5 až 2,4 kp / rok

Pri väčších opravách, pri ktorých sa vypustia amoniak bez dostatočného predchádzajúceho odsatia zariadenia, zlým odsávaním amoniaku z oleja pred jeho vypúšťaním a pri sústavnom odvzdušňovaní priamo z kondenzátora stúpa spotreba amoniaku až na dvojnásobok uvedených hodnôt.

Odber chladiva amoniak



Je vyrobené z ocele a používa sa na odber pár amoniaku z veľkých okruhov

24. Chladivo a voda

Amoniak sa s vodou rozpúšťa neobmedzene v mimoriadne širokom rozpätí tlakov a teplôt. Vzniká roztok NH_4OH agresívnejšie k mnohým materiálom.

Bližšie podrobnosti tu nie sú uvádzané, pretože vniknutie vody do okruhu, pri ktorom by vznikol roztok takých koncentrácií, že by sa podstatne zmenili termofyzikálne vlastnosti, je absolútne neprístupné.

Vlastnosti vody pre kompresory a kondenzátory :

Tvrdosť	- max. 6° až 8° nem. stupňov
Obsah soli	- max. 4000 mg/l
Hodnota pH	- 7,
Agresívny CO_2	- 0
Organické látky	- max. 100 mg/l KMnO_4
Kyslík	- 4 až 11 mg/l
Suspendované látky	- 0
Riasy	- 0
Teplota prídavnej vody	- max. 20°C

Teplonosné látky

Teplonosné látky sú pracovné látky v systéme chladiaceho zariadenia, ktorých obeh je vložený medzi obeh chladenej látky a chladiva pri nepriamom chladení (tieto látky nemenia svoje skupenstvo). Ako teplonosné látky môžeme použiť:

- vodu – pre nadnulové teploty
- vodné roztoky soli nazývané soľankami pre rozsah teplôt asi do -45°C
- vodné roztoky organických látok, ako sú: metylalkohol, etylalkohol,
- propylénglykol, glycerín, Coolstar a iné.
- chladivá, ktoré sú pri svojej funkcii ako teplonosnej látky hlboko podchladené.

Obsah látky sa znižuje netesnosťami, ktoré vznikajú pri opravách a údržbe, preto sa musia pravidelne dopĺňovať. Teplonosné látky sa dodávajú v sudoch alebo v cisternách .

Voda, nemrznúca zložka a inhibítory korózie

Teplonosné kvapaliny boli spočiatku na báze vody s obsahom soli ako ochrany proti zamrznutiu. Od podielu soli závisí bod zamrznutia a tiež viskozita média. Viskozita je fyzikálna veličina, udávajúca pomer medzi tangenciálnym (*dotykovým*) napätím a zmenou rýchlosti v závislosti od vzdialenosti

medzi susednými vrstvami pri prúdení skutočnej kvapaliny. Toto dotykové napätie spôsobuje, že rýchlejšia vrstva urýchľuje vrstvu pomalšiu a naopak. Väčšia viskozita znamená väčšie brzdenie pohybu kvapaliny alebo telesa v kvapaline. Ak použijeme do systému nízkoviskóznú kvapalinu s lepším prestupom tepla, získame pri zachovaní výkonových parametrov sústavy investičné úspory na obehové čerpadlá a výmenníky vzhľadom na synergický efektu týchto faktorov:

- Za jednotku času je potrebné prečerpať menší objem teplonosnej kvapaliny.
- Toto menšie množstvo kvapaliny má menší energetické nároky na čerpanie.
- Lepšie hodnoty prestupu tepla majú vplyv na veľkosť výmenníkov.
- Menšie výmenníky majú menšiu tlakovú stratu.

Po kvapalinách báze vody s obsahom soli sa začali používať glykoly (*etylénglykol, polyetylénglykol*), ktoré sa miešali s vodou a pridávali sa inhibítory korózie alifatické kyseliny vytvárajúce ochranu voči korózii chemisorpciou. Ochrana proti korózii je veľmi dôležitá, pretože usadeniny z korózie významne znižujú prestup tepla. V súčasnosti významnú úlohu pri výbere teplonosnej kvapaliny má aj možnosť jej jednoduchej likvidácie. V tomto smere majú výhodu teplonosné kvapaliny na báze mravenčanovi dráselnom, ktoré je možné pri určitom riedení vypustiť do kanalizácie. Glykol sa musí odstrediť a potom spáliť. Ich životnosť je dlhšia ako napríklad médií na báze etylénglykolu. Používajú sa najmä v sekundárnom okruhu tepelných čerpadiel.

Medzi hlavné parametre týchto látok patria dynamická viskozita, merné teplo, tepelná vodivosť a Re číslo. Efektívny prenos tepla závisí od koeficientu prestupu tepla. Čím je médium kvalitnejšie, tým je koeficient prestupu tepla vyšší a umožňuje menšiu náplň a menší priemer trubiek. To súvisí s turbulentnou, viskozitou, merným teplom a tepelnou vodivosťou teplonosnej kvapaliny.

- ♦ Čím je vyššia tepelná vodivosť, tým rýchlejšie sa výmena tepla uskutoční.
- ♦ Prenos tepla je lepší pri turbulentnom prúdení.
- ♦ Nižšia viskozita vedie k vyššej energetickej účinnosti.

Fyzikálne veličiny nemrznúcich kvapalín (*zmesí vody a vhodnej prímеси, ktoré majú nižšiu teplotu tuhnutia ako 0° C*) zväčšujú tlakové straty vo vodných okruhoch a zhoršujú prestup tepla v trubkách výmenníkov. Významné je zvýšenie odporu prúdenia vzhľadom k vode najmä pri nízkych teplotách a pri vysokých koncentráciách prímеси. Teplonosné kvapaliny s vyššou tepelnou vodivosťou, s obsahom alifatických kyselín obmedzujúcich koróziu, s vhodnou viskozitou a vyšším Reynoldsovým číslom sú i drahšie. Umožňujú však napríklad menšie čerpadlo a menšiu náplň. Z toho vyplýva, že niekedy i drahšia teplonosná kvapalina môže byť v konečnom dôsledku lacnejšia.

Rozdelenie

Teplonosné látky sú vložené medzi obeh chladiva a chladenú látku pri nepriamom chladení alebo obeh chladiva a okolité prostredie pri odvode tepla zo z kondenzátora. Rozdelenie do skupín:

1. Voda pre nadnulové teploty, ktorú je možné využiť tiež ku akumulácii chladu v ľadu, teda pomocou skupenského tepla tuhnutia.
2. Vodné roztoky anorganických solí nazývané soľanky. Využívajú sa najmä v priemysle, najčastejšie CaCl_2 (soľanka R), v menšej miere K_2CO_3 (soľanka A)

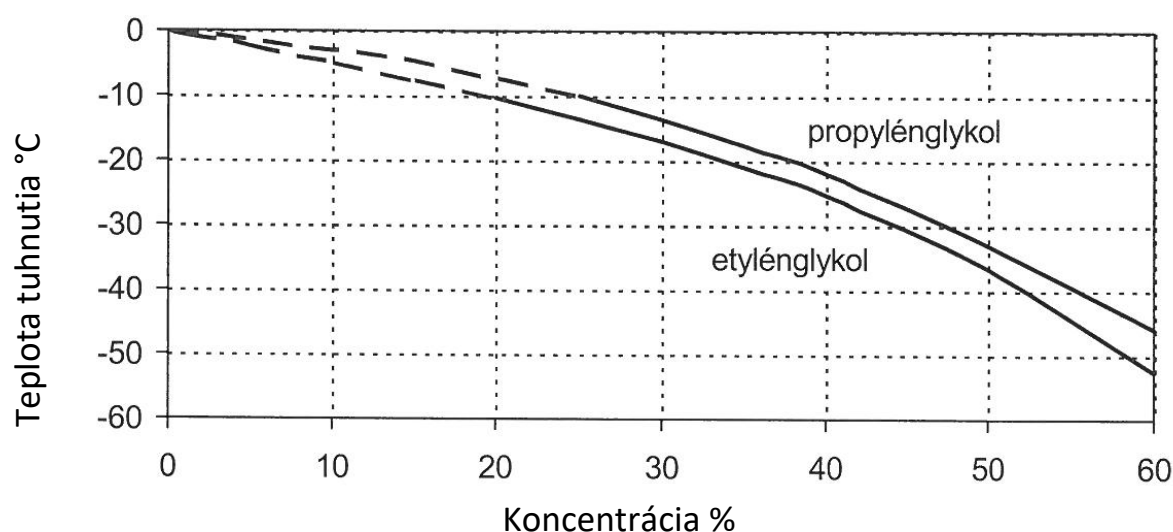
3. Vodné roztoky organických látok. Patrí sem etylénglykol, propylénglykol, pre priemysel v menšej miere alkoholy (etanol, metanol), a tiež organické soli (octan, mravenčan)
4. Látky meniace pri zdieľaní tepla skupenstvo. Výhodou je vysoké merné teplo zaistujúce malé množstvo obiehajúcej teplonosnej látky spojené s malou čerpacou prácou, s malými dimenziami rozvodov a malá alebo minimálna zmena teploty látky pri zdieľaní tepla, čo obmedzuje degradáciu tepla. Patria sem chladivá CO₂ alebo vodné roztoky vybraných látok napríklad tekutý ľad.

Teplonosné látky sa buď dodávajú koncentrované a na mieste sa riedia podľa požadovanej teploty tuhnutia (napr etylénglykol, propylénglykol) alebo sú namiešané priamo výrobcom (pekadol2000, NGL-Coolstar). Teplonosné látky obsahujú tiež inhibítory korózie, stabilizátory pH apod. Z tohto dôvodu môžu byť výrobcom predpísané minimálne riedenia, aby obsah inhibítorov bol dostatočný.

Najčastejšie používané látky:

- Etlénglykol: toxický pri požití pre človeka i zvieratá, nie je preto vhodný pre potravinársky priemysel. Vyžaduje glykolové hospodárstvo zabraňujúce prieniku do kanalizácie pri netesnosti, havárii.
- Propylén glykol: netoxický, vhodný i do potravinárskeho priemyslu. Oproti etylénglykolu má vyššiu viskozitu, horší prestup tepla a väčšie tlakové straty.
- Pekasol 200: teplonosná látky na báze solí octanu a mravenčanu s kovmi alkalických zemín, je netoxický, vhodný do potravinárskeho priemyslu, nízka viskozita aj vči etylénglykolu, použitie až do -60°C, je teda určený pre nízkoteplotnú stranu chladiaceho zariadenia.
- NGL coolstar: látka na báze octanu a mravenčanu draselného, netoxický, nízka viskozita, maximálna prevádzková teplota +40°C

V prílohe sú látkové vlastnosti vybraných teplonosných látok



Teplota tuhnutia glykolov (čiarkovane je naznačená koncentrácia, ktorá sa už neodporúča používať z dôvodu nízkeho obsahu inhibítorov. Minimálna koncentrácia etylénglykolu je 20 % a propylénglykolu 25%.

Množstvo vody potrebné pre kondenzátory závisí na druhu kondenzátora:

- prietokové, sprchové, odparovacie na type podľa druhu,
- sprchový s vodorovnými trúbkami, sprchový strmotrubný na konštrukcii,
- veľká alebo malá kondenzačná plocha na prevádzke a údržbe,
- zaolejovanie, vodný kameň, zavzdušňovanie atď.

Najväčšiu spotrebu vody majú kondenzátory prietokové, v ktorých sa všetko kondenzačné teplo odvádza oteplením vody. Čím menšie bude oteplenie vody medzi prítokom a odtokom, tým väčšia bude jej spotreba. Kondenzačné tlaky a teploty budú nízke, práca kompresoru lepšia a spotreba elektrickej energie menšia. Pri veľkom oteplení vody sa zmenší spotreba vody, kondenzačné teploty a tlaky stúpnu, zhorší sa práca kompresora a zväčší sa spotreba elektrickej energie. Medzi spotrebou vody a spotrebou elektrickej energie je určitá závislosť. Hospodárska rozvaha podľa ceny vody a ceny elektrickej energie určí optimálny stav. Obmedzenie kondenzačnej teploty vzhľadom k maximálnej prípustnej teplote na výtlaku.

Spotreba vody pre prietokové kondenzátory :

pri ohriatí o 10°C - 115 až 120 l na 1 000 kcal / h chlad. výkonu zariadenia.

Spotreba vody pre sprchové kondenzátory :

- prídavná voda - priemerne za rok asi 36 l na 1 000 kcal / h
- prítok sa vzhľadom k letným teplotám dimenzuje na 80 l na 1 000 kcal / h
- cirkulačná voda - aby bolo zaistené dokonalé zmáčanie asi 1 000 l až 2 000 l na bežný meter sprchy alebo 150 až 200 l na 1 000 kcal / h

Spotreba vody pre odparovacie kondenzátory :

- prídavná voda - asi 4,8 až 6,4 l na 1 000 kcal / h, časť sa odparí, časť odnesie vzduch a časť odchádza do odpadu až 2 l na 1 000 kcal / h
- cirkulačná voda - asi 60 l až 200 l na 1 000 kcal / h
- vzduch - nasávanie ventilátormi 120 m³ na 1 000 kcal / h



Odparovací kondenzátor VXC 250

K prietokovým kondenzátorom sa niekedy pripojujú chladiace veže, aby sa spotreba vody znížila.

U odparovacích kondenzátorov sa požaduje, aby voda nemala väčšiu tvrdosť než 9° nemeckých.

Akosť vody - / tvrdosť, nečistoty, organické látky / je dôležitá aj u ostatných kondenzátorov. Z príliš tvrdej vody sa usadzuje vodný kameň. Vodný kameň sa usadzuje na stenách trubiek, čím sa zhoršuje prestup tepla.



Obrázok úpravňa vody

Hospodárenie s vodou pre kondenzátory

Spotreba vody pre kondenzátory je pri nesprávnej prevádzke väčšia. Súčasne sa zhoršujú parametre na chladiacom zariadení. Naopak pri nesprávnej prevádzke sa dá udržať optimálna spotreba vody.

Príčiny nesprávnej prevádzky

- Nečistoty na kondenzátorových rúrkach
- Zanesenie kondenzátorovej trubky tvrdým kameňom alebo nánosmi.

Zhorší sa prestup tepla - kondenzačný tlak stúpa. Aby sa zabránilo stúpaniu tlaku, púšťa sa na kondenzátor väčšie množstvo prídavnej vody, čo zapríčiňuje zvýšenie spotreby vody.

Zlý rozvod vody

V dôsledku zlého rozvodu vody na sprchových kondenzátoroch, nie sú všetky rúrky zvlažované vodou. Tým sa zmenšuje kondenzačná plocha a dôsledky sú rovnaké ako pri zhoršení prestupu tepla zanášaním. Prečistením rozvodov vody sa dosiahne rovnomerného zmáčania plôch a zníži sa aj spotreba vody. Na kotlových stojatých kondenzátoroch bývajú zanesené medzery medzi rúrkou a skrutkovou vložkou.

Niekedy sú vložky odstránené a voda preteká nie dokonalé okolo stien trubiek. Pri odparovacích kondenzátoroch dochádza k zanášaniu trysiek. Trysky nerozprašujú, kvapká z nich voda, niektoré sú celkom upchaté. Len časť trubiek pracuje ako odparovací kondenzátor, zatiaľ čo nezvlažované trubky sú ochladzované len vzduchom. Zvyšuje sa prítok prídavnej vody.

Veľké odstrekovanie vody

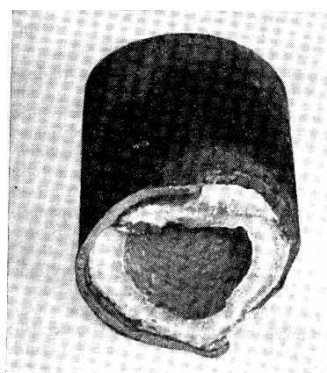
U sprchových kondenzátorov pri nevhodnom sprchovacom zariadení, zvlášť pri veľkej výške steny trubiek voda odstrekuje a bez účinku padá do vane. Usporiadaním bežných líšť, žliabkami tvaru V asi v

polovici rúrok sa odstreková voda zachytí a usmerní na trubky. Sprchovaná voda sa tak lepšie využije.

Niekedy voda odstrekuje pri nadmernom prítoku do rozdeľovacích žľabov alebo preteká cez ich okraje mimo trubiek. U odparovacích kondenzátorov bočné trysky striekajú príliš mnoho vody na steny. Veľké kvapky neprídu do styku s kondenzačným systémom, dopadajú bez úžitku na hladinu a víria ju. Pri zvlnenej hladine vody preteká viac vody do odpadu. Úprava trysiek tak, aby sa tvorila jemná sprcha a šikmé plechy pre usmernenie vody, zabezpečí zníženú spotrebu vody.

K tomu pristupuje aj strhávanie vody z trubiek a tým zmenšenie zmáčanej plochy. Prúdenie vzduchu je žiadúce pre odnášanie vodných pár a aby sa zvyšoval prestup tepla do vzduchu. Silné prúdenie vzduchu odnáša so sebou kvapky vody, čím sa zvyšuje spotreba vody.

Pri odparovacích kondenzátoroch strata vody môže byť spôsobená silnými ventilátormi vzduchu, kedy sa nestačí voda odlúčiť v eliminátory. Pre zníženie spotreby vody je potrebné pridať eliminátory rovnomerne ich rozložiť a zoradiť alebo vymeniť vodné trysky.



Obrázok príklad pôsobenia neupravenej vody na kondenzátoroch

25. Chod chladiaceho zariadenia

Udržiavanie teplôt v mraziarenských a chladiarenských komorách

Kolísanie teplôt a vysušanie tovaru

- Teplota ani vlhkosť vzduchu v chladených miestnostiach nesmú príliš kolísať, aby sa nezhoršila akosť skladovaného tovaru a neskrátila sa tým doba skladovania.
- Teploty v mraziarenských komorách sa pohybujú v rozmedzí -18°C až -20°C a v chladiarenských komorách 0°C až $+6^{\circ}\text{C}$.
- Udržiavanie teplôt spočíva v udržiavaní predpísanej vyparovacej teploty vo výparníku, pri priamom chladení sa rozdiel medzi vyparovacou teplotou a teplotou skladovacou v komorách pohybuje od 7 až do 10°C . Rozdiel týchto teplôt závisí od čistoty plôch výparníka (chladiča). Musí sa teda venovať pozornosť pravidelnému odtápaniu chladičov, pretože čím je hrúbka námrazy väčšia, tým sa viac sa zhoršuje prechod tepla. V dôsledku toho sa zväčší sa rozdiel teplôt (zníži sa výparná teplota) čo je z hľadiska spotreby elektrickej energie neekonomické

- Teploty v mraziarenských skladoch sa pravidelne kontrolujú minimálne 1 x za deň a podľa zistených teplôt sa vykonajú opatrenia tak, aby nedochádzalo ku kolísaniu teplôt
- Kolísanie teplôt má veľmi negatívny vplyv na kvalitu skladovaného tovaru. Pri kolísaní teploty dochádza k vysušaniu potravín. Ďalším ochladzovaním totiž na nižšie teploty dochádza k vyzrážaniu prebytočnej pary na chladiacich hadoch. Pravidelným kolísaním teplôt sa "odčerpá" voda z tovaru, čím sa vysušuje na úkor kvality. Podobne pôsobí kolísanie teplôt aj v chladiarňach.

Odmrazovanie chladičov vzduchu

Odmrazovanie chladičov vzduchu je potrebné, pretože námraza na chladiči znižuje výkon chladiča a zhoršuje prechod tepla.

Odmrazovanie chladičov vzduchu môžeme vykonávať :

- a.) parami chladiča
- b.) teplou vodou
- c.) možnosť odmrázovania pri odstávke komory vonkajšou teplotou
- d.) elektricky

Chladiče vzduchu sú konštruované tak, že pod chladiacimi hadmi je tzv. zberná vaňa, do ktorej sa zachytáva voda z námrazy a ďalej je odvádzaná do zbernej nádrže, alebo do kanalizácie.

Zabezpečenie bezpečnosti v chladených miestnostiach

Osoby pracujúce v chladených miestnostiach s teplotou nižšou než 0°C sú vystavené značnému nebezpečeniu, ak nie sú následkom úrazu schopné pohybu, alebo sú nedopatrením v miestnostiach uzamknuté a pod.

Preto sa musia v chladiacich miestnostiach dodržiavať tieto opatrenia :

- a) v chladenej miestnosti nesmie pracovať samotná osoba bez kontroly. Kontrolu je treba vykonať najmenej 1 x za hodinu
- b) ihneď po skončení pracovnej smeny musí zodpovedná osoba kontrolovať a spoľahlivo zatvoriť všetky chladené priestory, aby sa zabránilo nekontrolovanému prístupu osôb
- c) únikové cesty a cesty k núdzovým hlásičom musia byť vybavené núdzovým osvetlením, zodpovedajúcim STN. Odporúčajú sa tiež svietiace nátery
- d) dvere v chladiacich miestnostiach sa nesmú otvárať do vnútra miestnosti
- e) ak sú dvere v chladených miestnostiach ovládané servopohonmi musia byť vybavené nezávislým ručným uzáverom
- f) núdzové východy z chladených miestností a signalizačné zariadenie musia byť udržiavané v dobrom stave a periodicky kontrolované. O výsledku kontrol musí byť vedený záznam.
- g) vo vnútri každej chladenej miestnosti musí byť vypínač elektrického osvetlenia. Rozsvietenie svetla musí byť signalizované vonku chladenej miestnosti.

Osoby pracujúce v chladených miestnostiach musia mať možnosť kedykoľvek ju opustiť. Za tým účelom musia byť splnené najmenej 2 z nasledujúcich podmienok :

- a.) uzávery dverí ovládateľné z vnútra aj z vonku,
- b.) sekera alebo iné vhodné náradie umiestnené v každej uzatvorenej chladenej miestnosti v blízkosti dverí, umožňujúce násilné otvorenie priechodu,

- c.) telefón, alebo spoľahlivé signalizačné zariadenie umiestnené v každej chladenej miestnosti umožňujúce spoľahlivé spojenie s miestom trvalej obsluhy,
- d.) trvalé nezamknutý a osvetlený núdzový východ otvárateľný z vnútra každej chladenej miestnosti,
- e.) riadne označená, ľahko vyberateľná výplň dverí každej chladenej miestnosti umožňujúca únik uzatvoreným osobám,

Chladené miestnosti vychladzované chladičmi a priamym vyparovaním chladiva, alebo chladiča, v ktorých je chladivo použité ako teplotonosná látka musia byť vybavené núteným havarijným vetraním. Použitie havarijných ventilátorov pre prevádzkovú ventiláciu je dovolené. Musí byť zaistená možnosť uvedenia ventilácie do prevádzky z uzatvorenej chladiacej miestnosti. Tesnenie dverí týchto miestností musí byť prevedené tak, aby pri uzatvorení dverí bolo zabránené prenikaniu chladiva do susedných priestorov.

Zimné štadióny

Dnešný hokej ako vrcholový šport si vyžaduje vytvorenie podmienok pre súťaž a tréning v období ďaleko presahujúcom zimu, až celoročne. Chladiaca technika môže zaistiť vytvorenie a udržiavanie ľadovej plochy prakticky za rôznych klimatických podmienok. Hospodárne sa vonkajšie ľadové plochy udržiavajú približne od novembra do marca a vnútorné plochy v klimatických halách celoročne [20].

Ľadové plochy majú tvar a rozmer daný druhom športu a predpismi IHF:

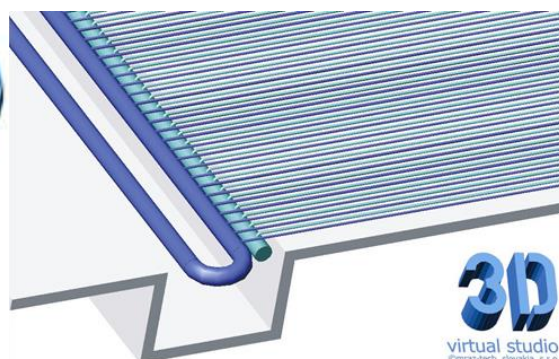
- a) pre ľadový hokej 60 x 30 m a min. 60 x 26 m
- b) pre krasokorčuľovanie
- c) pre rýchlokorčuľovanie ovály strednej dĺžky 400 m a šírky 10 až 13 m
- d) sankárske dráhy dĺžky a tvaru medzinárodných predpisov

Potrebný chladiaci výkon je daný predovšetkým veľkosťou chladiacej plochy vnútornými a vonkajšími podmienkami.

Vlastná ľadová vrstva je spravidla na betónovej doske o hrúbke 3 až 5 cm, v ktorej je zaliata sústava oceľových rúrok :



Ľadová plocha s hľadiskom



Rozvodný kanál



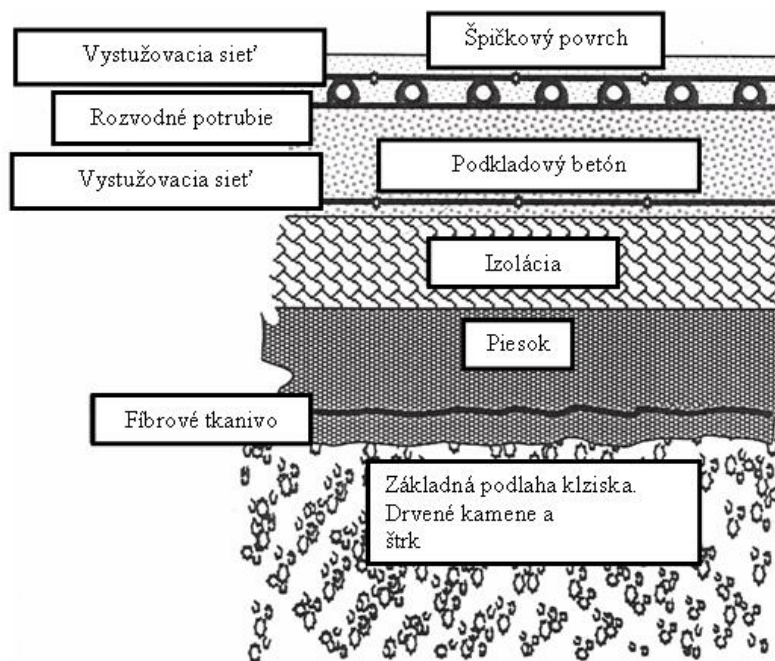
Plastový rozvod – nepriamy systém



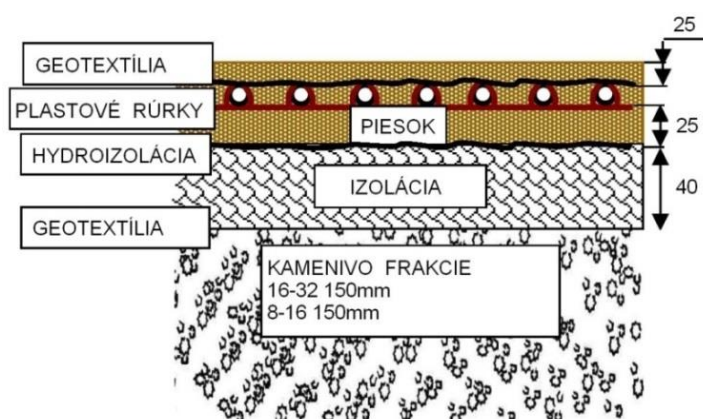
Oceľový rozvod – priamy systém

Obrázok Rúrkový systém plochy umelého klziska

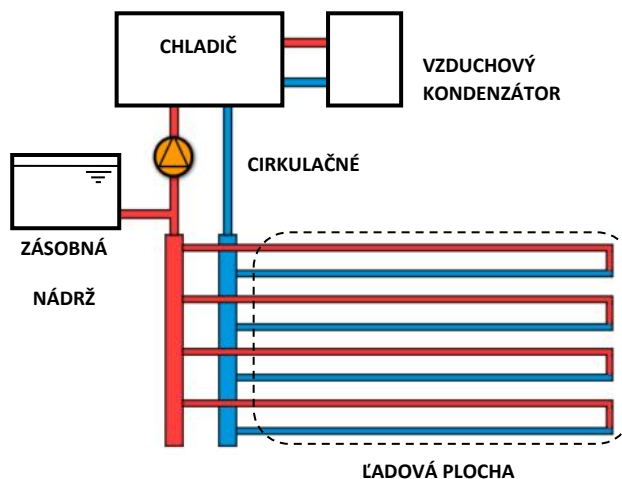
- 1 - izolačná podkladová vrstva
- 2 - betónová doska / B 30 / o hrúbke 100 mm
- 3 - vrstva ľadu o hrúbke 3 až 5 cm



Skladba ľadovej plochy - betónová



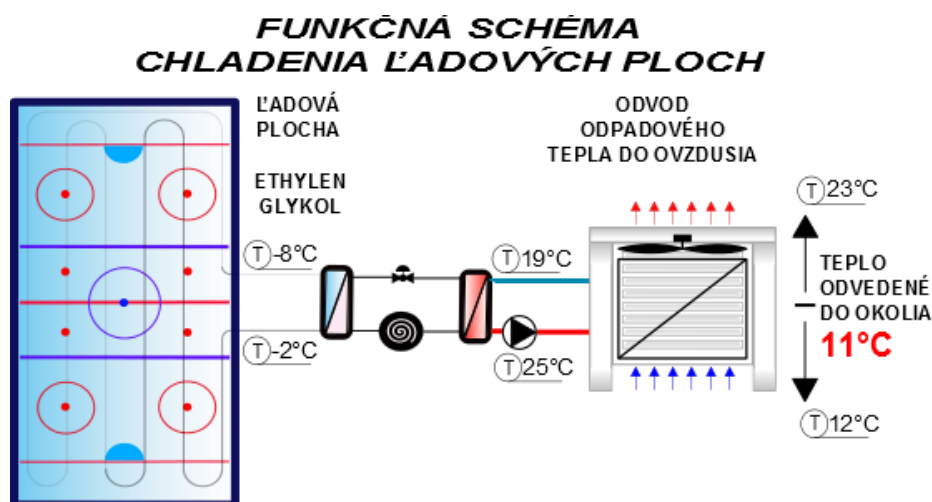
Skladba ľadovej plochy – piesok



Zapojenie chladiča pre malú ľadovú plochu

Využitie odpadového tepla z procesu chladenia ľadových plôch

Pri procese chladenia ľadových plôch vzniká odpadové teplo (energia), ktoré nie je štandardne využiteľné z dôvodu jeho teploty, ktorá je v priemere 20°C podľa obrázku.



Energeticky výhodné je prepojenie systémov chladenia a vykurovania zariadením, ktoré je schopné využiť energiu z odpadového tepla a zvýšiť ju na vyšší potenciál využiteľný na vykurovanie a ohrev TUV. Tepelné čerpadlo je schopné využiť odpadové teplo (20°C) z chladiacej technológie a zvýšiť ju na vyšší potenciál (napr. 55°C) využiteľný na vykurovanie priestorov štadióna a na ohrievanie TUV.

Vykurovací súčiniteľ tepelného čerpadla COP je 5,4 to znamená, na každý 1kW spotrebovanej elektrickej energie, tepelné čerpadlo vyprodukuje až 5,4 kW tepelnej energie.

Chladenie profesionálnych ľadových plôch je dnes najčastejšie amoniakom:

- s náplňou 800 - 1200 kg s núteným obehom chladiva s priamym systémom chladenia s teplotou vyparovania -10 až -11°C alebo
- s náplňou od 30 do 300 kg s nepriamym systémom chladenia, amoniak s teplotou vyparovania -14 až -16°C ochladzuje teplotonosnú látku.

Teplota ľadu:

-2 až -3°C na krasokorčuľovanie a

- 5 až - 7°C na hokej z dôvodu jeho rôznej tvrdosti.

Chladiace zariadenie je jednostupňové s piestovými alebo skrutkovými kompresormi a dostatočne veľkým zberačom pre zachytenie náplne chladiva v období mimo prevádzky.

Výhody priameho chladenia ľadovej plochy :

- vyparovanie chladiva v rozvode chladiacich rúrok sa deje za rovnakej teploty po celej ploche, tým je teplota ľadu po celej ploche rovnaká
- nedochádza k vnútornej korózii rúrok na ploche
- odpadá medzičlánok - teplotonosná látka a preto postačujú vyššie vyparovacie teploty k dosiahnutiu rovnakého účinku ako u nepriameho chladenia. Náklady na chladenie sú potom nižšie.

Nevýhodou priameho chladenia

Je trvalé nebezpečenstvo úniku pár chladiva do priestoru, kde sa nachádza obecnosť.

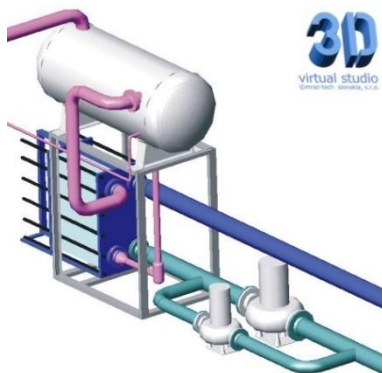
Nepriame chladenie

Vyžaduje menšie investičné náklady, pri zvýšení bezpečnosti zariadení.

- Výhoda : je možné inštalovať relatívne malé chladiace zariadenie, ktorým sa v prestávkach medzi vychladzovaním plochy chladí teplotonosná látka do zásoby vo veľkej zásobníkovej nádrži. Akumulovaný chlad sa využíva pri väčšom tepelnom zaťažení ľadovej plochy.

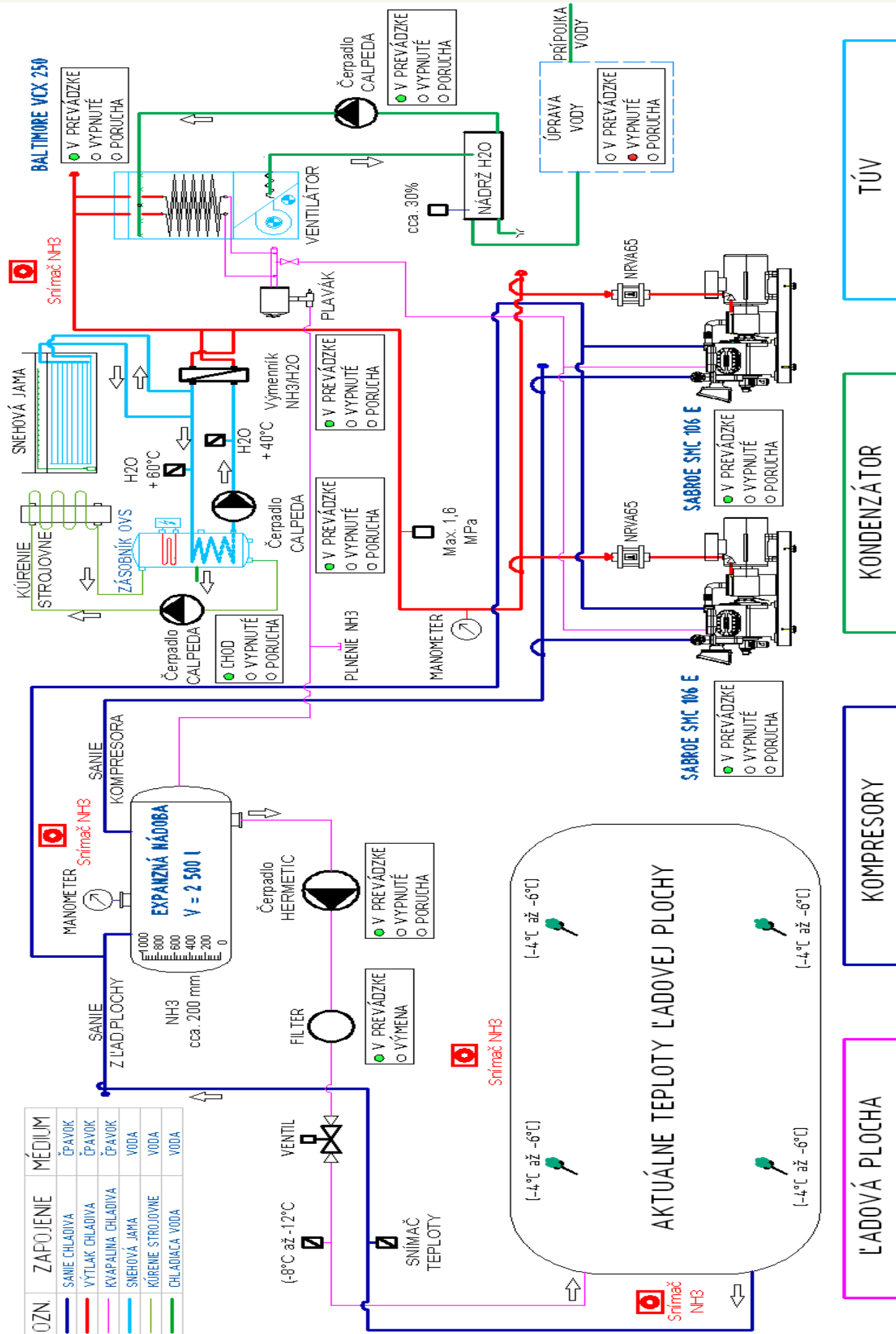
Nevýhody nepriameho chladenia

- oteplenie teplotonosnej látky látka na vstupe do plochy má teplotonosnú rozdielnú teplotu ako na výstupe, preto nemusí mať ľad na celej ploche rovnomernú teplotu.
- nie je možné zabrániť, aby sa do teplotonosnej látky dostal vzduch a kyslosť stúpala. Preto chladiace systémy s oceľovými rúrkami na vnútornej strane korodujú.
- nepriame chladenie má veľký teplotný rozdiel medzi vyparujúcim sa chladivom a ľadom, pretože medzičlánkom je teplotonosná látka. Vyparovacie teploty sú nižšie, náklady na prevádzku vyššie. Pri malom oteplení teplotonosnej látky v ploche musí byť jej obiehajúce množstvo veľké a preto aj výkony elektromotorov čerpadiel sú veľké a tým je aj drahšia prevádzka.



Obrázok Jednostupňový okruh s nepriamym chladením

Výber optimálneho riešenia pre riadenie technológie chladenia



Použitie v chladiarňach

V bežnom systéme s priamym chladením amoniakom sa nachádzajú dve úrovne prevádzkovej teploty, v skladoch s nízkou teplotou sa väčšinou používa teplota vzduchu približne $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v chladiacich skladoch sa v závislosti od produktu teplota miestnosti líši.

Napríklad mnoho distribučných centier funguje pri troch chladiacich teplotách; $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ pre mäso, $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ pre všeobecné chladené produkty a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ pre pekárenské výrobky a ovocie. Niektoré druhy ovocia, ako napríklad banány a kivi, vyžadujú samostatný sklad s regulovanou atmosférou, v moderných distribučných centrách si však takáto regulovaná atmosféra stále nenašla svoje štandardné uplatnenie.

Bežné zariadenie s amoniakom, ktoré sa používa v skladoch, využíva dva súbory kompresorov, tak aby:

- sa vytlačané chladivo v nižšom stupni (fáze) ochladzovalo a privádzalo do nasávania vo vyššom stupni,
- alebo s dvomi paralelne zapojenými kompresormi, kde jeden má nasávaciu teplotu od $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vytlača do $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ a druhý $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vytlača do $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (za predpokladu, že sú použité odparovacie kondenzátory).

Ak sa využijú dva samostatné okruhy, šetria sa skrutkové kompresory v nižšom stupni kvôli zvýšeniu účinnosti. Pri dvojstupňovom centrálnom zariadení môže byť ťažké určiť veľkosť náplne – najmä ak má zariadenie chladiaci výkon, ktorý sa počas víkendov nevyužíva.

Šírka veľkého distribučného skladu môže byť 100 m a dĺžka 250 m. Aj keď sa konštruktér snaží znížiť množstvo chladiva na minimum, takýto systém vyžaduje množstvo približne 20 ton amoniaku. Veľké množstvo chladiva je potrebné na uskladnenie tovaru rôzneho druhu bez toho, aby vznikli problémy s kavitáciou čerpadiel na kvapalinu.

Odmrazovanie v chladiarňach so systémom priameho chladenia amoniakom prebieha tak, že sa plyn nechá pri vysokom tlaku prejsť z kondenzátorov do výparníkov. Plyn vo výparníku skondenzuje a vyprodukuje značné množstvo tepla, ktoré sa využije na rýchle a spoľahlivé odmravenie. Pri nesprávnom fungovaní odmravovania však aj tu hrozí nebezpečenstvo poškodenia systému.

Alternatívou k systémom s kvapalinovým chladením amoniakom je používanie výparníkov DX. V systémoch s amoniakom je náročné používať výparníky efektívne, najmä pri nízkej teplote.⁶⁴ Nepriame systémy značne znižujú množstvo chladivovej náplne bez toho, aby sa vyskytli problémy so sekundárnymi chladivami.⁶⁶

Kliská

Systémy klísk môžu byť konštruované tak, že chladivo prúdi v betóne pod ľadom (priame systémy) alebo v podlahe prúdi sekundárna látka (nepriame). V praxi sa otázka účinnosti pri týchto systémoch berie do úvahy len zriedka, a každý z nich si našiel svojich priaznivcov. Systémy s priamym chladením amoniakom sa bežne používajú na kliskách v Nemecku, Rakúsku a vo Švajčiarsku a do určitej miery aj v Kanade a v Spojených štátoch, kým v Spojenom kráľovstve, v Holandsku, Francúzsku

a v Škandinávii nájdeme skôr klziská chladené nepriamym systémom, zvyčajne etylénglykolom. Chladiče kvapalín využívajú doskové tepelné výmenníky ako výparníky, aby udržiavali množstvo náplne na nízkej úrovni, a môžu byť vybavené kondenzátormi chladenými vzduchom alebo odparovacími kondenzátormi, či doskovými kondenzátormi a chladiacou vežou.

Využitie v supermarketoch

Amoniak sa v supermarketoch nevyužíva v rámci priamych systémov, no väčšina systémov v Európe a v Škandinávii sa inštaluje spolu so sekundárnymi chladiivami rôzneho druhu. Na odmrazovanie nepriamych systémov sa často používajú elektrické ohrievače, aj keď mnoho systémov používa teplý glykol. Amoniak sa zdá byť v týchto systémoch vhodným do primárnych okruhov, najmä však tam, kde nie je povolené používať HFC chladivá. Iné konštrukcie umožňujú používať aj uhľovodíky alebo priamo CO₂, no amoniak je najjednoduchšia alternatíva. Pri montáži chladičov kvapalín na strechu supermarketov treba zabezpečiť, aby sa v blízkosti chladiaceho systému nenachádzali otvory na prívod vzduchu do nákupnej oblasti. Postupný vývoj systémov s transkritickým CO₂ znížil uplatnenie amoniaku v tomto odvetví, no keď si porovnáme účinnosť amoniaku v kaskádových systémoch s transkritickým CO₂, je pravdepodobne vyššia.

Kaskádové systémy s CO₂ A NH₃

Koncepcia kaskády medzi amoniakom a oxidom uhličitým je známa v chladiacom systéme na mrazenie broskýň v Spojených štátoch už v roku 1932.⁶⁶ Väčšina systémov, využíva amoniak ako primárne chladiivo. Takáto koncepcia poskytuje mnoho výhod, napríklad nízke náklady a vysokú účinnosť. Ide pravdepodobne o najvhodnejší spôsob „ekologického“ riešenia v situáciách, keď nie je prípustné použiť systémy s priamym chladením amoniakom. V rámci niektorých zariadení poskytuje kaskádový systém s CO₂/amoniakom lepší výkon než dvojstupňové zariadenie s amoniakom, napríklad v nízkotepelných zariadeniach, v ktorých vysoká hustota CO₂ poskytuje výraznú výhodu v oblasti účinnosti najmä vďaka zníženým stratám tlaku v nasávacom potrubí.

Klimatizačné systémy

Používanie amoniaku v klimatizačných systémoch je kvôli bezpečnosti verejnosti obmedzené len na chladiče kvapalín, ktoré poskytujú vodu pre jednotky narábajúce so vzduchom. Sú to veľké systémy, zvyčajne s veľkosťou chladičov od 500 kW do 5 000 kW, aj keď sa občas nájdú aj jednotky mimo tento rozsah (menšie aj väčšie). Predstavuje to hranicu medzi malými chladičmi s HFC, ktoré využívajú piestové alebo skrutkové zariadenia, a väčšími zostavami, ktoré používajú rýchlostné kompresory.

Tepelné čerpadlá

Chladivá používané v tepelných čerpadlách musia odolávať kondenzačným teplotám od 60 °C do 100 °C pri odbere tepla pri teplote približne 30 °C. Podľa vyššie spomenutého kritéria možno amoniak používať pri kondenzačnej teplote 92 °C (so zodpovedajúcim tlakom 53,3 baru) a HFC-134a pri teplote 64 °C (s tlakom 18,5 baru).

Rozvoj chladenia amoniakom v priebehu nasledujúcich rokov ovplyvní mnoho technických, komerčných a politických faktorov. Ustanovenie európskych smerníc o technických otázkach, ako sú napríklad bezpečnosť strojov a zariadení a tlakové vybavenie, vytvorí súlad medzi medzinárodnými nariadeniami pre chladiace systémy, počínajúc s normami v rámci Európy až po Medzinárodný inštitút pre chladenie (www.iso.org). Podporí to rozvoj amoniaku, lebo medzi rôznymi krajinami vznikne menej nezrovnalostí v nariadeniach na úrovni krajín.

Používanie polohermetických kompresorov s amoniakom je už technicky prípustné, no nenašiel výraznejší priestor na trhu. Zvýšený tlak na úniky amoniaku zo strany legislatívy pomôže podporiť chápanie tejto technológie, predovšetkým v menších zariadeniach. Vo väčšej miere sa vo všetkých typoch systémov začnú používať inovatívne dizajny tepelných výmenníkov, mikrokanaľíkových tepelných výmenníkov a tepelných výmenníkov so zvaranými platňami, ktoré sú kompatibilné s amoniakom.

Existuje rastúci dopyt po trvalo udržateľnej technike vo všetkých odvetviach priemyslu. V otázkach chladenia to znamená zníženie množstva materiálu a v niektorých prípadoch aj výber nového materiálu, ktorý nahradí obmedzené zdroje. Z tohto pohľadu nie je hliník atraktívnou voľbou, keďže jeho výroba je náročná na spotrebu energie, preto výber hliníkového výparníka môže obmedziť množstvo hliníka, ktoré obsahuje.

Existuje už neochota vyberať si HFC, HFO chladivá, ktoré budú v budúcnosti podliehať možno ďalším obmedzeniam, kým u látok, ako sú amoniak a oxid uhličitý, nie je pravdepodobné, že by vznikli v nasledujúcich rokoch nejaké nariadenia obmedzujúce ich používanie. Keďže je účinnosť zariadenia s amoniakom je vo všeobecnosti vyššia, znamená to ďalšiu výhodu z hľadiska nákladov v prospech amoniaku. Investičné náklady na zariadenie s amoniakom sú výrazne vyššie ako náklady na tradičné chladiče, no v porovnaní s vysokou stabilitou, zvýšenou spoľahlivosťou a dlhšou životnosťou zariadenia s amoniakom sa tieto investície vyplatia.

Na druhej strane je náročné predstaviť si, aby boli chladiče pre amoniak vyrábané masovo ako chladiče s HFC, s HFO, lebo by sa mohli brať na ľahkú váhu určité aspekty, ako napríklad odolnosť voči únikom a životnosť. Znamená to, že pri riešeníach, ktoré majú byť lacné a krátkodobé, sa pravdepodobne nevyberie amoniak. Zvýšené využívanie spomínaných technológií vrátane polohermetických kompresorov, miešateľných olejov a nízkonáplňových výparníkov, zníži rozdiel v cenách, no tieto jednotky budú vždy určené prevažne na „priemyselné“ účely.

Oblasťou s najväčším očakávaným rastom pre uplatnenie amoniaku v budúcnosti je v zvýšenej miere uplatňovanie chladičov kvapalín pre klimatizácie v administratívnych budovách, hoteloch, nemocniciach, nákupných centrách, univerzitách a konferenčných strediskách, vďaka ktorým sa chladí voda pre centrálné chladiace zariadenie. Pri navrhovaní takýchto systémov treba dbať na bezpečnosť všeobecnej verejnosti pri škodlivých účinkoch úniku amoniaku, no už mnoho projektov po celom svete dokázalo, že takéto riešenie je možné. Zároveň sa očakáva nárast počtu tepelných čerpadiel využívajúcich amoniak v týchto zariadeniach, ktoré vo väčšine prípadov poskytujú teplú vodu pri teplotách vyšších, než ako možno dosiahnuť rekuperáciou tepla pri tradičných chladičoch kvapaliny. V tomto odvetví predstavuje pre amoniak najväčšiu konkurenciu používanie systémov s transkritickým oxidom uhličitým.

Mnoho nevýhod plynúcich z prechodu na HFC by mal povzbudiť konštruktérov a používateľov vo využívaní amoniaku a tiež ďalších prírodných chladív.

Tabuľka prírodných chladív

Druh chladiva	Medzinárodné označenie	ODP (R11=0)	GWP (CO ₂ =1)	Toxicita AEL(TLV) (ppm)	Vyparovacia teplota (°C)	Kritická teplota (°C)	C.O.P (%)
Prírodné chladivá							
R717	NH ₃	0	0	50/25	-33	133	105
R600a	C ₄ H ₁₀		3	1000	-12	135	N/A
R290	C ₃ H ₈		3	1000	-42	97	102
R1270	C ₃ H ₆		3	1000	-48	92	101
R170	C ₂ H ₆		3	1000	-89	32	N/A
R744	CO ₂		1	5000	-57	31	N/A

N/A – nezistená hodnota

26. TEST

na overenie odbornej spôsobilosti obsluhy chladiarenských a mraziarenských zariadení podľa § 17 ods. 1 písm. c) vyhlášky MPSVaR SR č. 508/2009 Z. z.

1. Podľa sústavy SI sa tlak vyjadruje :

- A) v atmosférach at,
- B) v kp / cm²,
- C) v Pa , kPa, MPa.

2. Teplota vyparovania chladiva je priamo závislá od :

- A) celkového objemu nasávaných par,
- B) tlaku nad hladinou kvapaliny chladiva,
- C) celkového stavu chladiaceho zariadenia.

3. Chladivá zoradujeme podľa klasifikácie toxicity do tried :

A) trieda A, B, C,

B) trieda A (nižšia toxicita) alebo B (vyššia toxicita),

C) zaradujeme do 6 tried

4. Chladiva triedime podľa klasifikácie horľavosti do tried :

A) do 3 tried, trieda 1 – nehorľavosť, trieda 2L- mierna horľavosť, trieda 2 horľavé, trieda 3 – zvýšená horľavosť

B) do 2 tried,

C) do 1 klasifikačnej triedy

5. Do akej triedy podľa horľavosti a toxicity patrí amoniak :

A) do skupiny A1,

B) do skupiny B2L,

C) do skupiny A3.

6. Priame systémy chladenia sú systémy, ktoré sa skladajú :

A) len z výparníku, bez chladiaceho systému

B) z hlavných častí chladiaceho systému, vo výparníku sa ochladzuje teplotonosná látka, v zaplnenom priestore nemôže uniknúť chladivo

C) z hlavných častí chladiaceho systému, vo výparníku sa ochladzuje vzduch, do zaplneného priestoru môže v prípade netesnosti uniknúť chladivo.

7. Amoniak ako chladivo je :

A) zelenkavá kvapalina, nejedovatý, bezpečný, nedráždivý,

B) bezfarebný, jedovatý, nebezpečný plyn s dráždivým a dusivým účinkom,

C) bezfarebný, jedovatý, nepôsobí dráždivo a dusivo.

8. Všade tam kde je riziko úniku chladiva, napríklad v miestach vypúšťania oleja sa musí osadiť v zmysle STN EN 378-4, príloha A a STN EN 378 – 2 – A2 čl. 6.2.3.4.2.2

A) musí sa osadiť samouzatvárací ventil a pred ním uzatvárací ventil

B) nemusí sa osadiť samouzatvárací ventil

C) osadí sa len uzatvárací ventil

9. Detektory pre detekciu chladiva v zmysle STN EN 378 – 3 čl. 8

A) nemusia byť detektory osadené ,

B) detektory musia byť vo výbave strojovní pre chladivo preto, aby spustili poplachové zariadenie a aby sa uviedlo do činnosti vetranie ak sa zvýši úroveň koncentrácie nad limitné hodnoty

C) musia byť osadené len ventilátory s ručným ovládaním

1. Ako často sa vykonáva kontrola správnej činnosti tlakomeru v zmysle STN 690012 čl.4.4.2.2

A) jedenkrát za tri mesiace,

B) každý mesiac,

C) jedenkrát za rok.

2. Priechodnosť a tesnosť poistných ventilov u nádob obsahujúcich nebezpečné látky , ktorých konštrukcia umožňuje nadľahčenie kužeľa sa skúša oprávnená organizácia :

A) najmenej raz za rok,

B) najmenej raz za dva roky,

C) najmenej jedenkrát za mesiac.

3. Podľa vyhlášky č. 508/2009 Z. z. sa chladiace a mraziace okruhy zaraďujú ako VTZ plynové do skupiny A₁ s množstvom plynu ako chladiva :

A) nad 100 kg,

B) nad 25 kg,

C) nad 3 kg.

4. Vyparovacia teplota amoniaku pri atmosférickom tlaku :

A) - 43,5 °C,

B) - 33,3 °C,

C) - 28,3 °C.

5. Rozsah výbušnosti amoniaku :

A) 40 až 60 %,

B) 15 až 28 %,

C) 8 až 15 %.

6. Zápalná teplota amoniaku :

A) 630 °C,

B) 830 °C,

C) 530 °C.

7. Umiestnenie havarijných ventilátorov pre chladivo amoniak R717 :

A) v hornej časti strojovne, pretože je ľahší ako vzduch,

B) v dolnej časti strojovne, pretože je ťažší ako vzduch,

C) havarijná ventilácia nemusí byť.

8. Doba platnosti preukazu obsluhy chladiacich zariadení :

A) 10 rokov,

B) 5 rokov,

C) 3 roky.

9. Teplotná stupnica na tlakomeru odpovedá tlaku daného chladiva :

A) pri vyparovaní a kondenzácii (sýtej pare),

B) len na výtlaku kompresoru,

C) pri predpísanom tlaku oleja.

10. Opravu tlakovej nádoby v zariadení smie vykonávať STN 690012 čl.5.3.2:

A) pracovníci prevádzkovateľa bez oprávnenia (strojníci),

B) zvarač so štátnymi skúškami,

C) organizácia, ktorá má oprávnenie na opravy tlakových nádob.

11. Ktorá norma obsahuje požiadavky na bezpečnosť a ochranu životného prostredia pre chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá :

A) STN EN 378 časť 1 - 4,

B) STN 69 0012,

C) STN 13 0072.

12. Čím sa preukazuje odborná spôsobilosť obsluhy chladenia, patriaceho do skupiny Ai ako VTZ plynového podľa Vyhlášky č. 508/2009 Z. z. :

- A) preukazom obsluhy po vykonanom školení, preskúšaní OPO a vydaním príslušným IP
- B) zápisom o preverení prevádzkovateľom,
- C) osvedčením obsluhy po preskúšaní OPO.

22. Ako často sa vykonávajú odborné prehliadky na chladiacich okruhoch ako VTZ plynových patriacich do skupiny Ai Vyhlášky č. 508/2009 Z. z. :

- A) 1 krát za rok,
- B) 1 krát za 5 rokov,
- C) 1 krát za 2 roky.

23. V strojojni chladenia s chladiacou látkou amoniak :

- A) môžeme používať otvorený oheň za určitých podmienok, napr. oprava
- B) nemôžeme oheň používať vôbec,
- C) môžeme fajčiť, ale nesmieme používať otvorený oheň.

24. Na havarijné a protipožiarne zaistenie :

- A) musí byť spracovaný plán ochrany obyvateľstva a požiarneho plánu,
- B) musí byť spracovaný evakuačný plán a plán prvej pomoci,
- C) nemusí byť spracovaný, stačí schematický náčrt s popisom vedúceho.

25. Poistné zariadenie na nádobách slúži pre:

- A) zabezpečenie proti korózii nádoby v prípade vysokej teploty
- B) zamedzenie prekročeniu max. pracovného pretlaku podľa výrobného štítka a nastavenie prepúšťacieho tlaku na najvyšší pracovný pretlak,
- C) spojenie nádoby a výfukového potrubia pre zamedzenie úniku tlaku z nádoby pri vysokom pretlaku kompresora.

26. Označovanie potrubia v prevádzke podľa pretekajúcej látky:

- A) je nutné pre spracovanie prevádzkového predpisu na miestne podmienky
- B) je podľa STN 13 0072, ktorá určuje druh pretekajúceho média, jeho tlak, teplotu a smer,
- C) sa volí podľa rozmerov štítkov a priemeru potrubia v závislosti od prevádzkového média.

27. Nádobu musí byť ihneď odstavená z prevádzky:

- A) ak je prázdny obsah nádoby
- B) ak vznikne trhlina, hrozí výbuch alebo havária,

C) na pokyn nadriadeného pracovníka.

28. Pri havárií chladiaceho zariadenia na začiatku je potrebné:

- A) odstaviť kompresory, oznámiť vedúcemu danú skutočnosť, vstup do zamoreného priestoru len s povolením nadriadeného orgánu,
- B) vypnúť prívod elektrickej energie do strojovne STOP – tlačidlom a zapnúť havarijné vetranie a ďalej postupovať podľa plánu ochrany obyvateľstva,**
- C) volať hasičov, lekára, ísť odstraňovať poruchu.

29.Odstraňovanie vzduchu a nekondenzujúcich prímiesí z amoniakového priestoru chladiaceho zariadenia:

A) pomocou odvzdušňovača na vysokotlakom zberači

- A) pomocou odvzdušňovacej rúrky na poistných ventiloch,
- B) pomocou nízkotlakého odolejovača.

30.Potrubie chladiacich zariadení musí byť vyrobené z materiálov:

A) odolných proti koróznym účinkom príslušného chladiva a zaručenými chemickými a mechanickými vlastnosťami

- A) len z medi,
- B) z materiálov so zaručeným chemickým zložením .

31.Tlakomery pre chladiace zariadenia musia mať:

- A) číselník s presnosťou 1%,
- B) číselník tlakomeru má mať vedľa stupnice tlaku i stupnicu teplôt sytej pary chladiva, pre ktoré je určený,**
- C) na číselníku napísané, aký druh chladiva môže byť použitý.

32.Ochranné prostriedky pre osoby vykonávajúce údržbu chladiaceho zariadenia:

- A) ochranné rukavice, okuliare, prostriedky na prvú pomoc
- B) ochranné rukavice, okuliare, prostriedky ochrany dýchacích orgánov, ochranná maska s filtrom, prostriedky na prvú pomoc,**
- B) ochranná maska s filtrom.

Európska dohoda o medzinárodnej cestnej preprave nebezpečných látok bola dohodnutá v Ženeve dne 30. septembra 1957 pod dohľadom Európskej hospodárskej komisie (UNECE), a vstúpila do platnosti 20. januára 1968. Pro ČSSR vstúpila do platnosti 17. augusta 1986. Posledná revidovaná verzia vstúpila je platná od 1. januára 2015.

Nebezpečné látky sú podľa dohody ADR rozdelené do 9-tich základných tried podľa stupňa nebezpečnosti. Väčšina chladiacich plynov, stlačený kyslík, acetylén, propán, zobutá spadá do triedy 2. Zaradenie má vplyv na množstvo látok, ktoré je možné prepravovať bez splnenia predpisov ADR pre nadlimitnú prepravu – tj. vybavenia vozidla a preukazu ADR pre vodiča. Podlimitnú prepravu je potrebné rozlišovať pri preprave do skladu a v pojazdných dielni.

Tabuľka 1 Zavedených je 5 dopravných kategórií nebezpečných vecí a 5 koeficientov prepočtu z hranice 1000 bodov:

Kategória	Výnimka na podlimitnú prepravu	Nebezpečná látka - príklad	Hlavná vlastnosť	Koeficient	Výpočet	Max body kategórie
0	Nie je	Výbušniny	Výbušnosť	-	-	-
1	Do 20 (50) kg	Amoniak	Jedovatosť	20	1000/20	50
2	Do 333 kg	Propán bután	Horľavosť	3	1000/3	333
3	Do 1000 kg	R134a	Dusivosť	1	1000/1	1000
4	Neobmedzené	Prázdne fľaše	Prázdnosť	-	-	-

V tabuľke 1 sú uvedené prepočítavacie koeficienty a maximálne body = množstvá v kg vybraných plynov triedy 2 pre spoločnú nákladku v podlimitnej preprave. Týmto koeficientom sa násobí množstvo jednotlivých látok v prípade, že sú do jednej prepravnej jednotky nakladané látky nerovnakého zaradenia. V tabuľkách 2,3 sú prepočty počtu bodov pre pojazdné dielne. Je zrejmé, že preprava horľavých chladičov ovplyvní celkový počet bodov pre pojazdné dielne.

Príklad výpočtu podlimitnej prepravy pre pojazdné dielne

Tabuľka 2 Pojazdná dielňa 1

Nebezpečná látka - príklad	Množstvo v kg	Kategória	Koeficient	Výpočet	Body
Mazací spray WD40	0.2	3	1	0,2x1	0,2
Amoniak	10	1	20	20x10	200
Propán bután	2	2	3	2x3	6
Kyslík	5	3	1	5x1	5
Acetylén	100	2	3	100x3	300
R134a	20	1	1	20x1	20
HFO1234yf	10	2	3	10x3	30
R32	100	2	3	100x3	300
SPOLU bodov					861

Tabuľka 3 Pojazdná dielňa 2

Nebezpečná látka - príklad	Množstvo v kg	Kategória	Koeficient	Výpočet	Body
Mazací sprayWD40	0.2	3	1	0,2x1	0,2
Amoniak	10	1	20	20x10	200
Propán bután	2	2	3	2x3	6
Kyslík	5	3	1	5x1	5
Acetylén	100	2	3	100x3	300
R134a	20	1	1	20x1	20
HFO1234yf	100	2	3	100x3	300
R32	100	2	3	100x3	300
SPOLU bodov					1131

Tabuľka 4

	Celkový počet bodov	Vyhovuje áno/nie
Pojazdná dielňa 1	861	áno
Pojazdná dielňa 2	1131	nie

Vypočítajte max hmotnosť chladív v tabuľke pre podlimitnú prepravu podľa ADR

Kategória	Nebezpečná látka - príklad	Hlavná vlastnosť	Koeficient	Výpočet	Vypočítajte max hmotnosť pre podlimitnú prepravu v kg
1	Amoniak	Jedovatosť	20	1000 : 20	50
2	Propán bután	Horľavosť	3	1000 : 3	333
3	R134a	Dusivosť	1	1000 : 1	1000
4	Prázdne fľaše	Prázdnosť	-	-	Bez obmedzenia

Označte kedy ide o ADR podlimitnú prepravu vyžadujúcu si nákladný list a kedy na prepravu postačuje výdajka zo skladu

Podlimitnú prepravu rozdeľujeme do dvoch variantov:

- 1 Podlimitná preprava do 1000 bodov
- 2 Pojazdná dielňa



Pre prepravu amoniaku platí - maximálne prepravované množstvo bez preukazu ADR, teda v podlimitnej preprave je 50 kg.

Povinné údaje na fľaši s chladivom pre potreby ADR

1. UN číslo
2. I.N. Technické pomenovanie a názov látky (chladiva)
3. Bezpečnostné značky (povinné rozmery (100x100 alebo 25x25 mm))
4. Dátum tlakovej skúšky pre opakovane plniteľné fľaše
5. Celková hmotnosť



Poznámky k preprave nebezpečných látok v tlakových fľašiach.

1. Všetky plné tlakové fľaše musia mať behom prepravy nasadený ochranný kryt ventilu, pokiaľ je ním fľaša vybavená. Pokiaľ sa dopravujú fľaše stojacie, musí byť upínacím popruhom upevnené ku karosérii vozidla. Pokiaľ sa dopravujú fľaše ležiace, musí byť položené tak, aby ventil fľaše smeroval k zadnému nárazníku vozidla a musí byť zaistený proti možnému kotúľaniu.
2. Podľa ADR musí byť pri preprave nebezpečných látok oddelený priestor vodiča od priestoru pre prepravu nákladu. Z tohto dôvodu nie sú vhodné pre prepravu látok podľa ADR osobné automobily, kde nie je oddelený priestor vodiča od priestoru pre náklad.

Preprava prázdnych obalov od chladív nepodlieha predpisom ADR, respektíve počet bodov je rovný nule. Je však nutné, rovnako ako pri preprave podlimitného množstva chladív, vystaviť „Nákladný list pre cestnú prepravu nebezpečných vecí“ so znením „Náklad neprekračujúci limity pre vyňatie z platnosti predpísané v ADR 1.1.3.6“. Vozidlo musí byť vybavené práškovým hasiacim prístrojom o obsahu 2kg. Pri kombinácii viacerých odlišných látok pri nakládke musí byť celkový počet bodov po vynásobení množstvom jednotlivých látok ich koeficientami menší ako 1000. Pokiaľ je súčet vyšší než 1000 podlieha náklad ADR (nutný preukaz ADR).

Dodací list chladiva

podľa Nariadenia č. 517/2014/EU článok 6 ods. 3 a podľa zákona č. 286/2009 Z.z. §5 ods. 3 realizovaný na stránke www.szchkt.org

a

Nákladný list nebezpečných vecí v podlimitnej preprave
podľa ADR a zákona č. 56/2012 Z.z.

ZÁZNAMY O CHLADIVE

Tlakový test fľaši do 10 rokov, tunelový kód C/E

Chladivo	UN ADR	Klasifikačný kód	Množstvo**	Množstvo	Koeficient	Body ADR*	Stav chladiva	Číslo šarže	Bezpeč. skupina	Medzná koncent.	GWP	Ton CO2eq
R134a	3370	2A	15	12,00	1	12	Nové		A1	0,25	1430	17.6
R32	3340	2F	200	150	3	450			A2L	0,008	700	105.0
SPOLU			45	27		462						182.6

*Podlimitná preprava do 1000 bodov

** S obalom

Prehľady o svojich firmách si nájdú dodávateľia i odberatelia nájdú na svojich účtoch.

1. Evidenciu zákazníkov, pohybu chladív nových a zhodnotených.
2. Evidenciu chladiacich okruhov vrátane rôznych parametrov.
3. Vkladanie schém, obrázkov, parametrov, dokumentov.
4. Evidenciu vykonaných kontrol úniku.
5. Evidenciu vykonaných opráv.
6. Evidenciu zhodnoteného chladiva.
7. Prehľad rizík a zistených nedostatkov.
8. Prehľad vykonaných opatrení.
9. Vedenie skladu a pohybu chladív.
10. Diagnostiku podľa nameraných parametrov.
11. Tlač štítkov a agendu vykonaných kontrol.
12. Vyhodnotenie údajov za rok a oznámenie certifikačnému orgánu.
13. Vyhodnotenie údajov za zákazníka k odoslaniu na Ministerstvo.

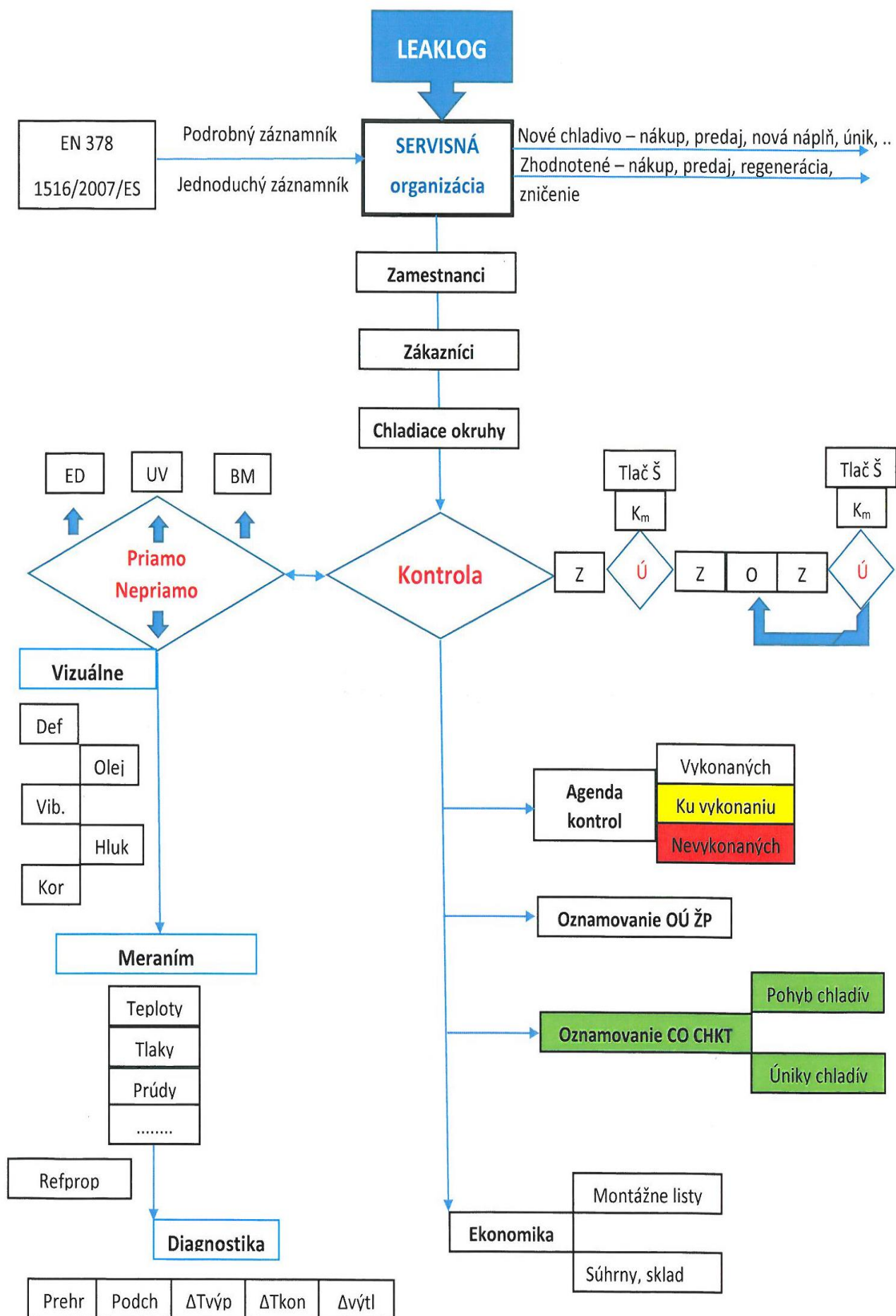
Chladiarenský mechanik potrebuje jednoduchý a rýchly prehľad o:

- Zákazníkoch
- Pohybe chladív
- Chladiacich okruhoch
- Údajoch o vykonaných úkonoch na chladiacom okruhu
- Výstupoch nutných na oznamovanie údajov a plánovanie kontrol

- ak chladiaci okruh pracuje správne, uniká menej chladiva a zariadenie sa menej kazí a je bezpečnejší,
- ak sa chladiaci okruh pravidelne kontroluje, úniky sa včas zistia a systém je energeticky efektívnejší.

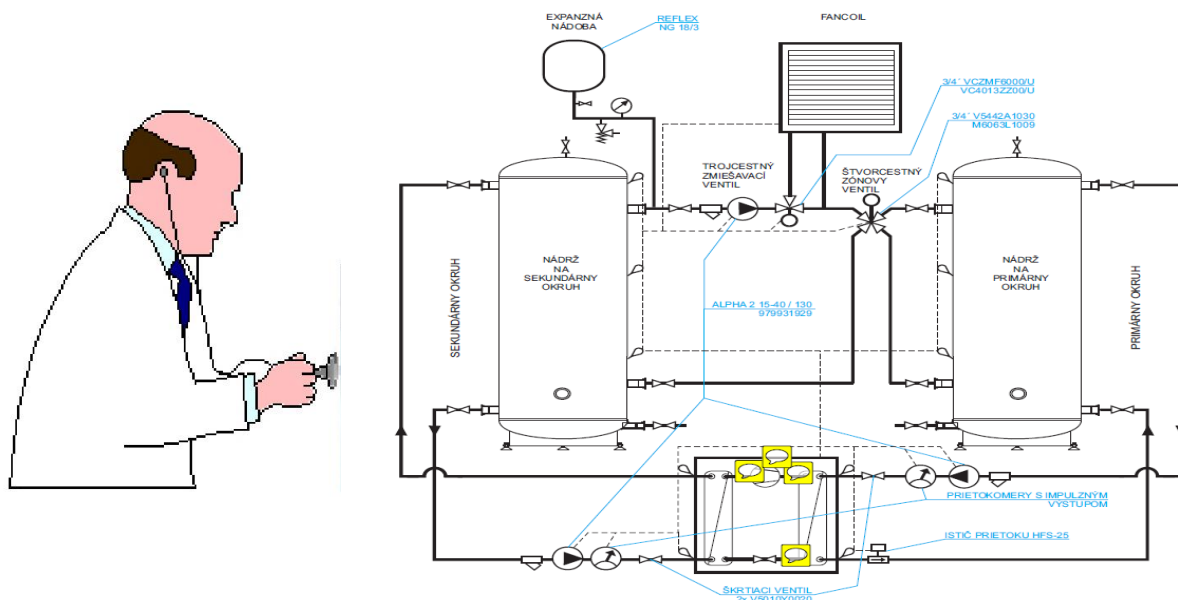
ZÁZNAMNÍK

Podľa normy STN EN 378 4+A1 a Nariadenia 1516/2007/ES

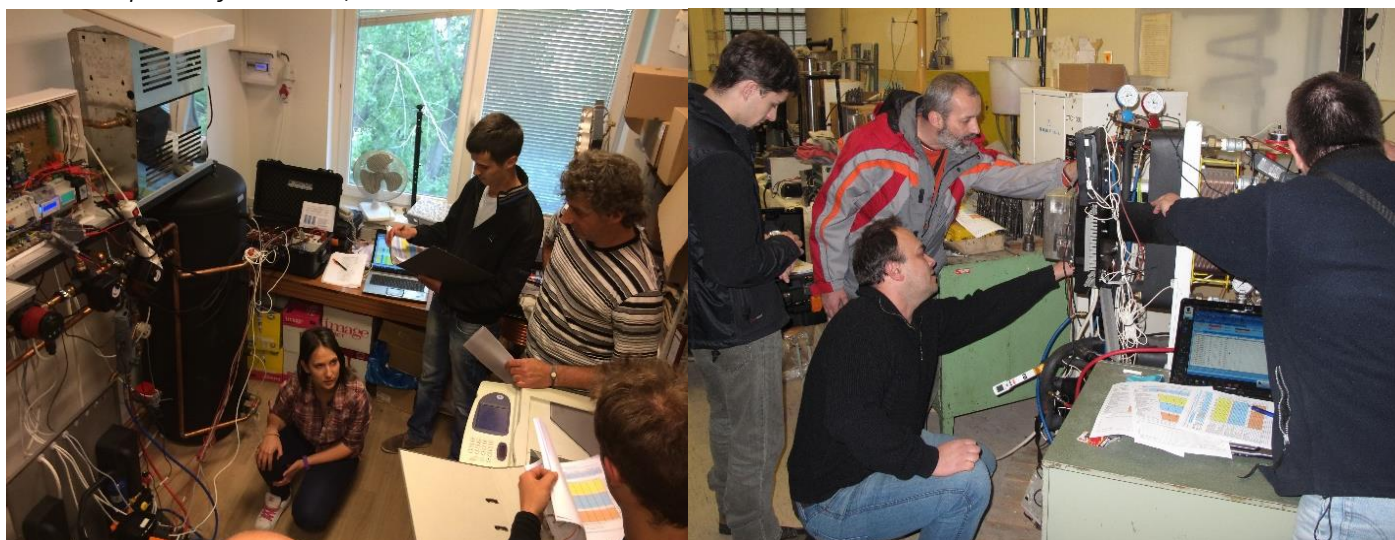


Vzdelávanie na chladivá podľa Nariadení EP a R 2015/2067, 2066, a 307/2008 akreditovaný kurz 3279 na MŠ SR „Návrh a inštalácia tepelných čerpadiel“

Schéma riešenia vodného hospodárstva na pracovisku merania SZ CHKT Rovinka



Praktické cvičenia, skúšky a
merania prístrojmi Testo, ClimaCheck a Fluke na TČ voda-voda



Merania na TČ voda voda naľavo od spoločnosti AI Trade Trstená a napravo od spoločnosti Heliostar

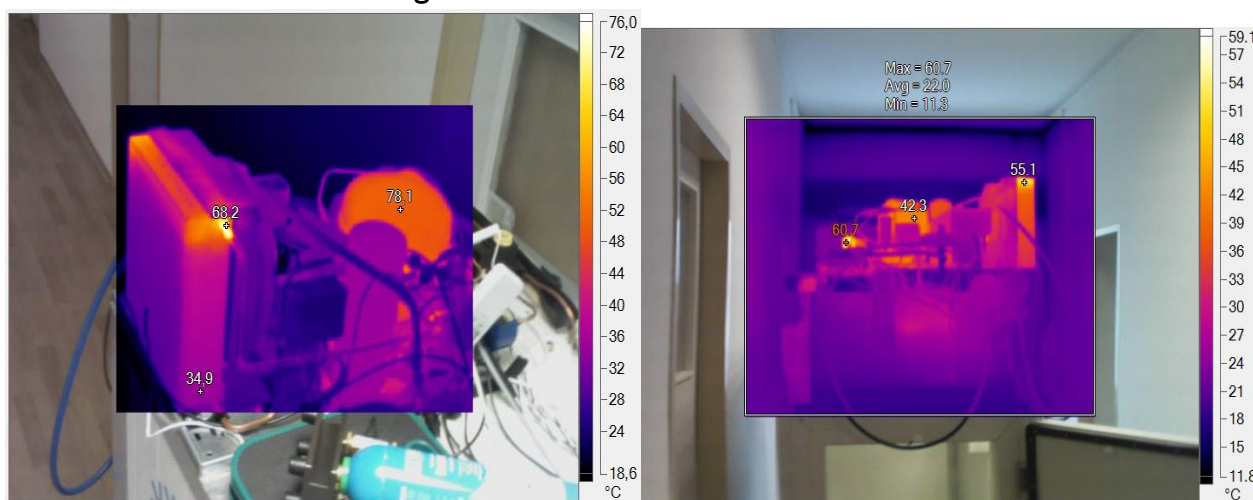


Na publikácii pracovali a prednášajú Prof. Václav Havelský, PhD., Doc. Ing. Peter Tomlein, PhD., Ing. Zahradníček, Ing. Jozef Monček, Ing. Juraj Švingál, Ing. Ľubomír Maník, Ing. Jozef Löffler, Ing. Libor Novák, Ladislav Nagy, Marek Baxa, Róbert Baxa, Ivan Kaluža, Ing. Martin Valent, Jaroslav Zöldfay

Chladiaci box a chladiaci okruh s pripojeným meraním prístrojom ClimaCheck



Termodiagnostika chladiaceho okruhu– Fluke Ti200



Mobilný stôl so skladačkou chladiacich okruhov na chladenie, mrazenie a ohrev



Pracoviská sú využívané na školenia a kurzy na prácu s chladivami inštaláciu, kontrolu funkcie chladiacich, mraziacich okruhov, klimatizácií a tepelných čerpadiel

1. Ciconkov,R.: Refrigeration solved examples, Macedónia 2000.
2. Ciconkov,R.: Refrigeration solved examples, Macedónia 2004.
3. Dvořák.Z., Petrák.J.: Tepelné vlastnosti amoniaku, Praha 1974
4. Dvořák.Z.: Chladicí technika, Praha 1971
5. Gecelovská, D.: Zaradovanie chladiacich látok podľa vyhlášky o VTZ. In: Bezpečná práca, č. 5/2013.
6. Havelský. V, Furi.B.: Chladenie, Bratislava 1994
7. Havelský V., Blaha M., Tomlein P.: Chladivá. SZCHKT, 2000. ISBN 80-968058-0-0
8. Karty bezpečnostných údajov o amoniaku
9. Kolektív: REAL Alternatives Europe Blended Learning Programme, Module 1-Introduction to Alternative Refrigerants, The Institute of Refrigeration and partners, UK, 2015, www.realalternatives.eu
10. Radvanská, A. Priemyselné riziká. Dizertačná práca. TU Košice.2013
11. Pearson, A.B.: Amoniak ako chladivo. IIR, 2009 (preklad SZ CHKT na www.szchkt.org)
12. Taubr. V. a kolektív.: Technologíe a provoz chladících zařízení zimních stadiónu, Příručka, Praha 2003
13. Tomlein, P.: Tesnosť a energetická efektívnosť. SZ CHKT, 2010. ISBN 978-80-89376-04-9
14. Tomlein, P.: Riziká tlakových chladiacich zariadení. Košice, konferencia SZ CHKT, 2014.
15. Tomlein, P.: Retrospektíva bezpečnosti chladiacich okruhov. Košice, konferencia SZ CHKT, 2014.
16. Tomlein, P.: Tepelné čerpadlá v administratívnych budovách a v priemysle. Učebné texty SZ CHKT, 2016.
17. Tomlein, P.: Výpočet medznej koncentrácie chladív. In: TZB Haustechnik, 4/2014.
18. Normy STN EN 13313, STN EN 378 1-2, ASHRAE 34, ISO/FDIS 817, ISO/FDIS 5149 1-3, ČSN 140646
19. Urban. M. , Maník. Ľ.: Provoz a údržba chladících zařízení 2. část, Skripta, Praha 1990
20. Firemné dokumenty: MRAZ-TECH SLOVAKIA, s.r.o., Projekty technológie chladenia, Plány ochrany pri vzniku mimoriadnej udalosti, Prevádzkové poriadky
21. Firemné dokumenty o chladivách Bitzer, GEA, Grasso, Sabroe
22. Správy SZCHKT roky 2006-2015,
23. Smernica EP a R č. 97/23/ES, VN 576/2012, 393/2006 Z.z.Z.z.
24. Zákony č. 124/2006 Z.z., 286/2009 Z.z., 321/2012 Z.z., 67/2010 Z.z.
25. Vyhlášky č. 59/1988 Z.z., 508/2009 Z.z.
26. Správy SZCHKT 2010-2016
27. www.szchkt.org www.realalternatives.eu www.defra.uk www.ehpa.org, www.eurostat.org, www.iir.org, ...

Prílohy

Príloha 1 Porovnanie náplne VTZ plynové, tlakové a normy STN EN 378

Príloha 2 Zimné štadióny v SR podľa abecedy

Postup pri úradných skúškach VTZ-TZ chladiacich zariadení (STN 69 0012:1984, STN EN 378-1:2012, STN EN 378-2:2012)	Postupy úradných skúšok na VTZ plynové na chladiace zariadenia podľa vyhlášky	Postupy skúšok, kontrol na chladiace zariadenia a tepelné čerpadlá podľa STN EN 378-2 pri uvádzaní do prevádzky, a podľa STN EN 378-4 počas prevádzky
Celý postup už od prijatia objednávky vrátane až po zaslanie výstupných dokladov žiadateľovi je vykonaný podľa Inšpekčného postupu (postupu pre inšpekciu vyhradených a určených technických zariadení tlakových). Čo sa týka samotného priebehu úradných skúšok, skúška prebieha v závislosti od zloženia skúšaného zariadenia, použitého chladiva (amoniak, R 744, R 134a, R 407F,...) podľa platných noriem pre chladiace zariadenia STN EN 378-1:2012, STN EN 378-2:2012, STN EN 378-3:2012, STN EN 378-4:2012 a STN 69 0012:1984.	Celý postup už od prijatia objednávky vrátane až po zaslanie výstupných dokladov žiadateľovi je vykonaný podľa Inšpekčného postupu (postupu pre inšpekciu vyhradených a určených technických zariadení plynových). Čo sa týka samotného priebehu úradných skúšok, skúška prebieha v závislosti od zloženia skúšaného zariadenia, použitého chladiva (amoniak, R 744, R 134a, R 407F,...) podľa platných noriem pre chladiace zariadenia STN EN 378-1:2012, STN EN 378-2:2012, STN EN 378-3:2012 a čo sa týka samotných rozvodov chladív, tak aj podľa konkrétnych noriem z rady STN EN 13480 a to najmä STN EN 13480-5:2013.	6.3.5 Skúška kompletnej inštalácie pred uvedením do prevádzky 6.3.5.1 Všeobecne Pred uvedením chladiaceho systému do prevádzky sa musí zostava komponentov, ktorú obsahuje chladiaci systém, skontrolovať porovnaním s príslušnými inštaláčnymi výkresmi, schémami obvodov, potrubia, prístrojov a elektrického zapojenia systému.
Okrem iného sa pri samotnej úradnej skúške vykonáva v závislosti od zloženia zariadenia napr.: • Kontrola podkladov a dokladov potrebných k úradnej skúške a to napr. komplexnosti sprievodnej dokumentácie (pasport) a jej súladu so skutočným stavom, oprávnenia organizácie na montážne práce, odbornej spôsobilosti montáž. pracovníkov, pracovníkov pre opravy, zvaračov, revízneho technika, denníka montážnych prác, protokolov o nastavení zabezpečovacích prvkov, vyhlásenie výrobcu	Okrem iného sa pri samotnej úradnej skúške vykonáva v závislosti od zloženia zariadenia napr.: ☐ Kontrola podkladov a dokladov potrebných k úradnej skúške a to napr. komplexnosti konštrukčnej dokumentácie a jej súladu so skutočným stavom, oprávnenia organizácie na montážne práce, odbornej spôsobilosti montáž. pracovníkov, pracovníkov pre opravy, zvaračov, revízneho technika, denníka montážnych prác, protokolov o nastavení zabezpečovacích prvkov, osvedčení o akosti potrubného a prídavného materiálu a použitých armatúr, protokolov o tlakových skúškach chladiacich potrubí vykonaných po montáži, odborného stanoviska ku konštrukčnej dokumentácii	6.3.5.2 Prehliadka chladiaceho systému Prehliadku chladiaceho systému musí vykonať kompetentná osoba (podľa EN 13313) a prehliadka musí obsahovať tieto položky: a) kontrola dokumentácie týkajúcej sa tlakového zariadenia; b) kontrola bezpečnostných zariadení a príslušenstva podľa 6.3.5.3; c) kontrola vybraných zvarov na potrubí podľa EN 14276-2: POZNÁMKA. – Môže to zahŕňať skúšku ultrazvukom alebo röntgenovými lúčmi. d) kontrola vybraných spájkovaných spojov na potrubí podľa EN 14276-2; e) kontrola chladiaceho potrubia podľa 6.3.5.4; f) kontrola a dokumentovanie zoskupenia (pripojenia) otvorených kompresorov, čerpadiel, ventilátorov a pod. s ich pohonmi (elektromotormi alebo spaľovacími motormi); g) kontrola záznamu o skúške tesnosti chladiaceho systému; h) vizuálna prehliadka chladiaceho zariadenia podľa 6.3.5.5; i) kontrola označenia podľa 6.4.2.

tlakových zariadení o zhode , .	vydaného OPO, kalibračných listov snímačov úniku chladív, ☐ Fyzická obhliadka zariadení, vetrania, ... a kontrola pripravenosti ku skúške a to aj z hľadiska bezpečnostných opatrení ☐ Vyhodnotenie tlakovej skúšky pevnosti a tesnosti v zmysle vyššie uvedených noriem ☐ Vyhodnotenie funkčnej skúšky chladiacich zariadení (strojovňa chladienia a súvisiace rozvody) v zmysle vyššie uvedených noriem a to napr. manostatov tlaku chladiva, tlakových ističov s manuálnym alebo automatickým resetom, presostatov a ďalších zabezpečovacích prvkov, ... ☐ Vyhodnotenie funkčnej skúšky snímačov úniku jednotlivých chladív, tlačidiel centrálného zariadenia núdzového zastavenia, tlačidiel núdzového havarijného vetrania,	Táto prehliadka sa musí dokumentovať, pozri 6.4.3. Nijaký chladiaci systém sa nesmie uviesť do prevádzky, kým sa nezadokumentuje. 6.3.5.3 Kontrola bezpečnostných zariadení a príslušenstva 6.3.5.3 Kontrola bezpečnostných zariadení a príslušenstva 6.3.5.3.1 Montáž 6.3.5.3.2 Zhoda s príslušnými normami 6.3.5.3.3 Bezpečnostné spínacie zariadenia na obmedzovanie tlaku 6.3.5.3.4 Vonkajšie tlakové poistné ventily 6.3.5.3.5 Prietržné membrány 6.3.5.3.6 Tavné zátky 6.3.5.4 Kontrola chladivového potrubia 6.3.5.5 Vizuálna prehliadka kompletnej inštalácie príloha G uvádza zoznam položiek
Postup opakovaných úradných skúšok VTZ-TZ chladiacich zariadení (STN 60 0012:1984, STN EN 378-3:2012 a STN EN 378-4:2012)	Postup opakovaných úradných skúšok chladiacich zariadení:	Prevádzková kontrola <i>podľa prílohy D: STN EN 378-4+A1</i>
Postup pri opakovaných úradných skúškach chladiacich zariadení je obdobný, ako u úradných skúšok s tým, že sa kontroluje aj komplexnosť sprievodnej technickej dokumentácie a prevádzkovej dokumentácie (odborná spôsobilosť obsluhy, prevádzkový poriadok, prevádzkový denník, správy o odborných prehliadkach a odborných skúškach jednotlivých VTZ, protokoly o kalibrácii snímačov úniku chladív, protokoly o servise resp. nastavení zabezpečovacích zariadení, ... Pri opakovaných úradných skúškach tlakových nádob	Postup pri opakovaných úradných skúškach chladiacich zariadení je obdobný, ako u úradných skúšok s tým, že sa kontroluje aj komplexnosť sprievodnej technickej dokumentácie a prevádzkovej dokumentácie (odborná spôsobilosť obsluhy, prevádzkový poriadok, prevádzkový denník, správy o odborných prehliadkach a odborných skúškach jednotlivých VTZ, protokoly o kalibrácii snímačov úniku chladív, protokoly o servise resp. nastavení zabezpečovacích zariadení, ... Pri opakovaných úradných skúškach rozvodov chladív v prípadoch, že z prevádzkových dôvodov nie je možné vykonať tlakové skúšky pevnosti a tesnosti, je možné tieto	<i>D.1 Kontrola a skúšanie počas prevádzky zariadenia sa vykonáva podľa národných predpisov. Informácie o prevádzkovej kontrole uvedené v tejto prílohe možno použiť vtedy, keď v národných predpisoch nejestvujú nijaké podobné kritériá.</i> <i>D.2 Prevádzková kontrola sa vykonáva po činnosti, ktorá pravdepodobne ovplyvnila pevnosť, ďalej ak sa vyskytne zmena používania alebo zmena na iné chladivo pri vyššom tlaku, prípadne po odstavení na dlhšie obdobie ako dva roky. Nevyhovujúce komponenty sa vymenia. Skúšobné tlaky vyššie ako prijateľné pre návrh tlakov komponentov sa nepoužívajú.</i> <i>D.3 Prevádzková kontrola sa vykonáva po oprave alebo podstatných prestavbách, prípadne prístavbách na zariadeniach alebo komponentoch.</i>

v prípadoch, že z prevádzkových dôvodov nie je možné vykonať tlakové skúšky pevnosti, je možné postupovať podľa prílohy C STN EN 378-2:2012 a tieto nahradiť skúškou tesnosti a kontrolou vyhodnotenia meraní hrúbok stien tlakových nádob vykonaných odborne spôsobilým pracovníkom pre meranie hrúbok materiálov, ktorý musí mať zodpovedajúci stupeň uvedenej metódy NDT a to aj na vypracovanie postupu merania a vyhodnotenie merania z hľadiska ďalšej bezpečnej prevádzky s určením konkrétnej doby dokedy bude potrubie vyhovovať bezpečnej prevádzke. V takýchto prípadoch je počet a umiestnenie meraných miest dopredu dohodnutý v závislosti od veľkosti a od zloženia a vyhotovenia skúšaných zariadení.	nahradiť kontrolou vyhodnotenia meraní hrúbok stien potrubí vykonaných odborne spôsobilým pracovníkom pre meranie hrúbok materiálov, ktorý musí mať zodpovedajúci stupeň uvedenej metódy NDT a to aj na vypracovanie postupu merania a vyhodnotenie merania z hľadiska ďalšej bezpečnej prevádzky s určením konkrétnej doby dokedy bude potrubie vyhovovať bezpečnej prevádzke. V takýchto prípadoch je počet a umiestnenie meraných miest dopredu dohodnutý v závislosti od veľkosti (resp. dĺžky rozvodov chladív) a od zloženia a vyhotovenia skúšaných zariadení.	<i>POZNÁMKA. – Skúšanie sa nemá obmedziť na poškodené časti.</i> <i>D.4 Prevádzková kontrola sa vykonáva po premiestnení na iné miesto. V prípade, ak premiestnenie ovplyvnilo pevnosť chladiaceho zariadenia, má platiť D.2.</i> <i>D.5 Únik chladiva. Skúšanie tesnosti systému sa vykonáva, ak sa vážne zvýši podozrenie úniku. Cieľom tohto odseku „skontrolované na tesnosť“ sa myslí to, že systém alebo zariadenie sa preskúma predovšetkým na tesnosť pomocou priamych alebo nepriamych meracích metód, so zameraním sa na tie časti príslušenstva alebo zariadenia, v ktorých je najväčšia pravdepodobnosť úniku. Kontrola na tesnosť sa pohybuje v intervale:</i> • <i>jedenkrát každých dvanásť mesiacov pri zariadeniach obsahujúcich 3 kg chladiva alebo viac okrem hermeticky utesnených zariadení obsahujúcich menej ako 6 kg chladiva;</i> • <i>jedenkrát každých šesť mesiacov pri zariadeniach obsahujúcich 30 kg chladiva alebo viac;</i> • <i>jedenkrát každé tri mesiace pri zariadeniach obsahujúcich 300 kg chladiva alebo viac.</i> <i>Zariadenia sa majú kontrolovať na tesnosť do jedného mesiaca po oprave netesnosti, aby sa zaručilo, že oprava bola účinná.</i> <i>Obsluha uvedených zariadení obsahujúcich 3 kg chladiva a viac má uschovávať záznamy o množstve a druhu inštalovaného chladiva, akékoľvek pridané množstvá a regenerované množstvo počas údržby, o servise a o úplnom zneškodnení.</i> <i>Obsluha uvedených zariadení obsahujúcich 300 kg chladiva a viac má nainštalovať zariadenia na zisťovanie úniku. Tieto zariadenia na zisťovanie úniku sa majú kontrolovať aspoň jedenkrát každých dvanásť mesiacov, aby sa zaistila ich správna funkcia. Ak sa vyžaduje, aby príslušné zariadenie na zisťovanie úniku fungovalo správne, je vhodné, aby interval kontrol bol polovičný.</i> <i>POZNÁMKA 1. – Vysoké hodnoty úniku sú neprijateľné. Majú sa prijať opatrenia</i>
--	--	---

		na odstránenie každého zisteného úniku (vyhláška č. 314/2009 Z.z.). POZNÁMKA 2. – Pevné detektory chladiva nie sú detektormi úniku, pretože tieto detektory neurčujú miesto úniku. D.6 Bezpečnostné zariadenia sa kontrolujú na mieste: každý rok bezpečnostné spínacie zariadenia (pozri IEN 378-2: 2008 + A2: 2012", 6.3.5.3.3), núdzová signalizácia a poplachové zariadenia; každých päť rokov vonkajšie poistné zariadenia na zníženie tlaku. D.7 Poistné ventily na zníženie tlaku, prietržné membrány a tavné poistky sa kontrolujú vizuálne podľa IEN 378-2: 2008 + A2: 2012", 6.3.5.3.1, 6.3.5.3.4, 6.3.5.3.5 a 6.3.5.3.6, pričom tesnosť sa skúša každý rok. D.8 V prípade agregátov a samostatných zariadení podľa kapitoly 1 sa priebežná kontrola vykonáva po uskutočnení opravy. Ak je očividná strata chladiva, musí sa skúšať tesnosť na celom zariadení.
Odborné prehliadky VTZ v zmysle §13 Vyhlášky MPSVR SR č. 508/2009 Z. z. v znení neskorších predpisov naša spoločnosť ako Oprávnená právnická osoba nevykonáva. Vykonávané sú revíznymi technikmi podľa § 16 vyhlášky		
Rozdiely medzi ÚS na VTZ tlakové a VTZ plynové. ÚS na VTZ plynové je na okruh podľa normy 378 a ÚS na VTZ tlakové je na TNS podľa normy STN 690012. VTZ plynové zahŕňa skúšky na tesnosť celého okruhu.		STN EN 378 1-4+A1,A2 zlučuje náplň ÚS pre VTZ tlakové i plynové. Jej používaním stratí význam začleňovať chladiace zariadenia medzi VTZ tlakové i VTZ plynové. SR sa tak prispôsobí európskemu spôsobu dohľadu nad BOZP.
Záver Nie je potrebné rozdeliť chladiace zariadenia na VTZ tlakové a VTZ plynové, respektíve je potrebné činnosti oboch úradných skúšok zlúčiť do jednej . Podľa §38(1) zákona č. 124/2006 Z.z. ÚS na VTZ tlakové vykonávať podľa normy STN EN 378 2,4 + A1, A2, ktorá zlučuje všetky kontroly, skúšky, ktoré je na chladiacom zariadení potrebné vykonať. STN 690012:1984, 2014 a ČSN 38 6405:1988 vo vzťahu ku chladiacim zariadeniam nie je potrebné používať, pretože ide o normu, ktorá nezohľadňuje najnovšie poznatky v oblasti chladiacej techniky. Náplň úradných skúšok vykonávaných podľa vyhlášky tak nebude obchodným tajomstvom OPO, ale bude v zmysle predmetnej STN EN 378 1-4+A1,A2, ktorá obsahuje požiadavky na kontrolu pri uvádzaní do prevádzky i počas prevádzky.		

A	B Bánská Bystrica Bardejov Bratislava - Zimný štadión HC Petržalka 2010 Bratislava- Zimný štadión Dúbravka Bratislava - Zimný štadión Vladimíra Dzurillu Bratislava -Avion Aréna – Klzisko, Avion Shopping Park Bratislava - Vajnorská ľadová plocha Bratislava - Ice Arena , Zimný štadión Lamač Bratislava - Klzisko River Park Bratislava - Klzisko Eurovea Bratislava - Klzisko Hviezdoslavovo námestie Bratislava – Ružino - Mobilná ľadová plocha Areál hier Radosť Štrkovec Brezno - Zimný štadión Aréna	C - Č Čaňa
D Detva Dolný Kubín - Zimný štadión Dubnica nad Váhom	F	G - H Gelnica Zimný štadión Petra Bindasa Hamuliakovo Hokejová hala Hamíkovo, okres Senec Hlohovec Humenné
CH	J	K Kežmarok Košice - Športovo-zábavný areál Alejová 2 Košice Steel Arena Košice - Klzisko Aupark Košice - Mobilná ľadová plocha - Sídliisko KVP Košice - Crow Aréna - Zimný štadión Kavečianska cesta
L Levice Levoča - Zimný štadión	M Malacky - Ľadová plocha v Zámockom parku	N NITRA - Hokejová hala Nitra - Klokočina Nitra Zimný štadión Aréna

[Liptovský Mikuláš](#)
[Lučenec](#)

[Martin](#)
[Michalovce - Zimný štadión](#)

[Nové Mesto nad Váhom](#)
[Nové Zámky](#)

O

P
[Piešťany](#)
[Poprad - Zimný štadión Aquacity](#)
[Hockey Aréna](#)
[Považská Bystrica](#)
[Prievidza](#)
[Púchov](#)

R
[Rimavská Sobota](#)
[Rožňava](#)
[Ružomberok](#)

S - Š
[Sabinov - Umelá ľadová plocha](#)
[Senica](#)
[Skalica - Zimný štadión](#)
[Spišská Nová Ves](#)
[Svidník - Klzisko](#)

T
[Topoľčany - Zimný štadión Topvar](#)
[Aréna](#)
[Trebišov](#)
[Trenčín - Zimný štadión J&T Arena](#)
[Marána Gáboríka](#)
[Trnava](#)

U

V
[Veľký Krtíš - Zimný štadión](#)
[Vranov nad Topľou - Zimný štadión](#)

Z
[Zvolen](#)

Ž
[Žilina - Zimný štadión](#)
[Žilina - Klzisko Aupark](#)

Slovenský zväz

pre
chladiacu a klimatizačnú techniku

znamená Vaše

spojenie
s evolúciou v odbore



Vzdelávanie na prácu s chladivami s nízkym skleníkovým
efektom podľa Nar. 2015/2067 a STN EN13313

**Združuje slovenských i zahraničných podnikateľov, zamestnancov,
projektantov, inštitúcie, firmy, a ostatných záujemcov z oblasti výroby,
dovozu, obchodu, servisu, vzdelávania a užitia
chladiacej, klimatizačnej techniky a
tepelných čerpadiel**

SZ CHKT
Hlavná 325
900 41 Rovinka

tel.: 02/45646971

fax: 02/45646971

szchkt@szchkt.org
<http://www.szchkt.org/>