

Kapitola	Názov	Strana
13	POTRUBNY SYSTÉM	1
13.1	Požiadavky	1
13.2	Chladiaci okruh	2
13.3	Sacie potrubie	3
13.4	Vysokotlaké potrubie	7
13.5	Izolácia	15
13.6	Celkový chladiaci okruh	16
13.7	Súhrn	17
13.8	Literatúra	

13 CHLADIVOVÉ POTRUBIA

Princípy, ktoré sa používajú pri inštalácii chladiacich potrubí. Hlavné faktory, ktoré je potrebné zohľadniť pri výbere chladiacich potrubí.

13.1 Požiadavky

Kapitola začína vyčíslením požiadaviek, ktoré sú kladené na správnu inštaláciu chladiacich potrubí. Potom pomenujeme hlavné časti chladiaceho systému (*okruhu*) a ich funkciu.

Každé z potrubí popíšeme samostatne, a rozanalyzujeme hlavné faktory výberu. V krátkosti spomenieme izoláciu a príchytky.

CHLADIACE SYSTÉMY POUŽÍVAJÚ

Najčastejšie : Medené rúrky.
Tvrdu spájkou.

Pri väčších chladiacich celkoch vytvorí plán chladiaceho potrubia projektant. Pre Vás - ako realizátorov je dobré vedieť, kde sa môžu vyskytnúť problémy a chyby.

Táto prednáška dáva základné vedomosti o správnej inštalácii potrubia jednoduchého chladiaceho systému. Zložitejšie systémy budú prebraté neskôr.

Popisovaný spôsob výberu potrubia sa týka chladiacich systémov, ktoré používajú halogénové uhlíkové chladič. V normálnych prípadoch sa používajú medené rúrky a spájkovacie fittingy, hoci (*najmä pri väčších priemeroch nad 22 mm*) niekedy sa používajú oceľové rúrky s navracacími prípojkami alebo prírubami.

Prepojenia medenými trúbkami sa za normálnych okolností spájajú tvrdým spájkovaním pomocou striebornej alebo strieborno-fosforovej spájky. Tento druh spájania sa používa hlavne pri väčších systémoch. Pre menšie systémy sa taktiež odporúča hermetické vyhotovenie chladiaceho okruhu, a obmedziť používanie pertlovacích spojov s prevlečnými maticami.

Pri všetkých spojoch zhotovených tvrdým spájkovaním sa vyžaduje vytvoriť ochrannú atmosféru dusíkom z vnútra rúrky

Na potrubia sa používajú aj iné materiály, prevažne pri zariadeniach pre veľmi nízke teploty. Takéto zariadenia sa spravidla veľmi starostlivo navrhujú, a preto sa tu nimi teraz nebudeme zaoberať.

VEDENIE POTRUBIA

Umožňuje prúdenie chladiva.
Zabraňuje veľkým poklesom tlaku.
Umožňuje návrat oleja ku kompresoru.
Chráni kompresor.

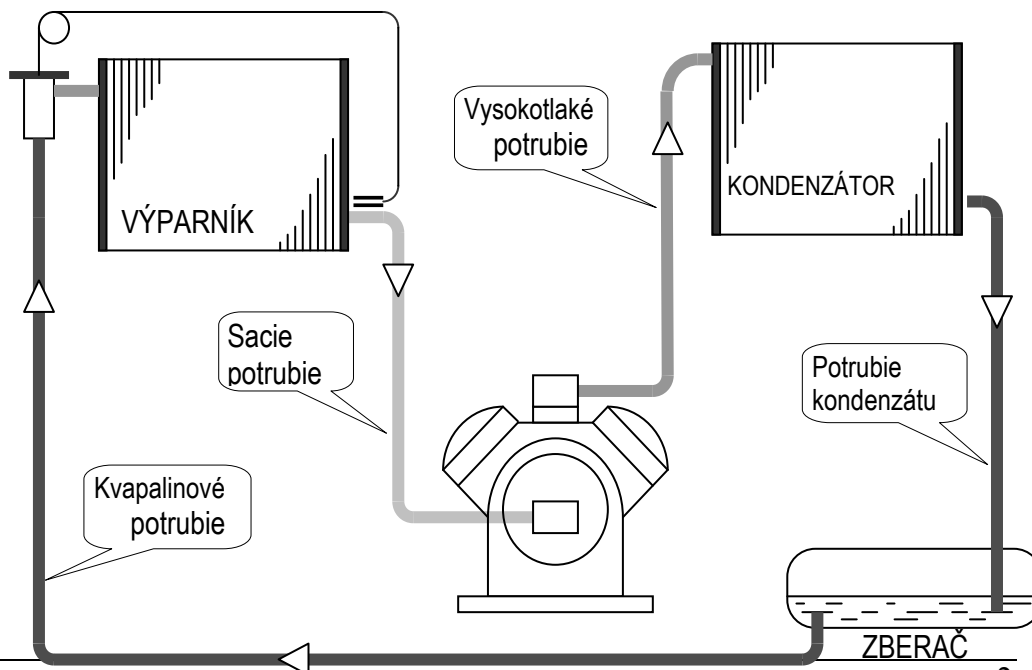
Štyri požiadavky na správnu inštaláciu chladivového potrubia:

1. Hlavná úloha chladivového potrubia spočíva v tom, aby sa zabezpečila cesta pre prúdenie chladiva od jednej časti chladiaceho celku k druhej.
2. Prúdenie chladiva sa musí uskutočniť bez veľkých strát tlaku - napr. trením, veľkým výškovým rozdielom, mnohými odbočeniami, zúženiami alebo nesprávnym dimenzovaním.
3. Časť oleja, ktorým je naplnený kompresor, cirkuluje v celom trubkovom systéme. Chladivové rúrky musia byť tak inštalované, aby sa olej vracal späť do olejovej vane kompresora.
4. Kvapalné chladivo alebo olej, ktorý sa dostane do valca kompresora, môže spôsobiť jeho poškodenie. Táto situácia môže nastať vtedy, keď je kompresor v kľude - spätnou kondenzáciou chladiva alebo stečením oleja.

Názov funkcie	Funkcia
Výtlačné potrubie	♦ privádza stlačené pary chladiva a obiehajúce množstvo oleja zo združenej jednotky do kondenzátora. Patria k nemu aj časti spojujúce výtlač s rekuperačnou jednotkou a rekuperačnú jednotku s kondenzátorom ♦ tlmí kmitanie a plynových pulzácií vznikajúcich pri stláčaní ♦ tlmí vplyvy vysokého tepelného namáhania ♦ odstraňuje kvapalinové rázy pri rozbehu kompresorov spôsobované vracaním olejom a kvapalným chladivom
Potrubie kondenzátu	♦ privádza kvapalné chladivo (<i>kondenzát</i>) z kondenzátora do zberača ♦ umožňuje spätné prúdenie pár zo zberača do kondenzátora (<i>takzvané dvojfázové prúdenie</i>)
Kvapalinové potrubie	♦ privádza zmes kvapalného chladiva oleja zo zberača k expanznému ventilu (<i>k expanzným ventilom</i>)
Rúrky expandovaného chladiva	♦ privádza expandované chladivo z expanzného ventilu do výparníka/kov
Sacie potrubie	♦ privádza prehriate pary a obiehajúci olej z výparníka do satia združenej jednotky
Potrubie odmrazovania horúcimi parami chladiva (<i>stlačenými</i>)	♦ privádza stlačené horúce pary chladiva z výtlaču jednotky do odmrazovaných výparníkov
Potrubie odmrazovania chladnými parami stlačeného chladiva	♦ privádza stlačené chladné (sýte) pary chladiva z parného priestoru zberača kvapalného chladiva do odmrazovacích výparníkov

Správna inštalácia chladivových rúrok znižuje tieto riziká na minimum.

Obrázok 1 Chladivové potrubia

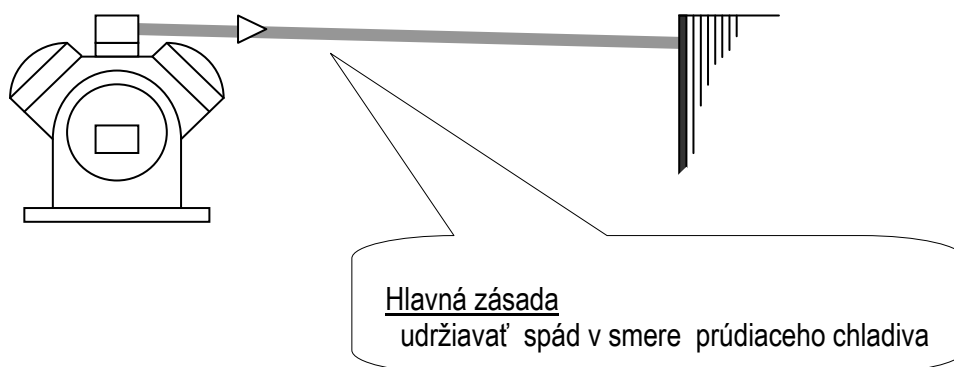


13.2 Chladiaci okruh (obrázok 1)

Na tomto obrázku sú znázornené hlavné časti chladiaceho okruhu.

- Sacie potrubie - spája výparník s kompresorom, je v ňom tlak zodpovedajúci výparnej teplote.
- Vysokotlaké potrubie (*výtlač*) - vedie horúce, prehriate chladivo pri tlaku zodpovedajúcom kondenzačnej teplote od kompresora ku kondenzátoru.
- Kvapalinové potrubie - vedie skvapalnené chladivo pri tlaku zodpovedajúcom kondenzačnej teplote z kondenzátora - prípadne zo zberača k vstrekovému orgánu.
- Tam kde sa používajú separátne zberače, používa sa potrubie kondenzátu, ktoré dopravuje skvapalnené chladivo z kondenzátora do zberača. Okrem toho umožňuje chladivovej pare dostať sa do kondenzátora.

Obrázok 2



Všetky chladivové potrubia (obrázok 2)

Hlavná zásada - udržiavať spád v smere prúdiaceho chladiva.

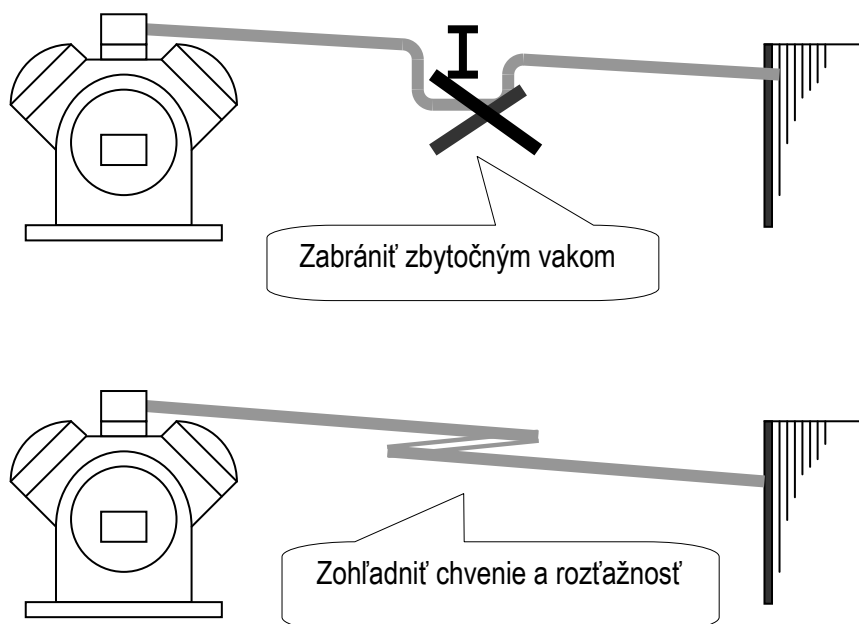
Niektoré základné princípy platia pre všetky chladivové potrubia: potrubiu treba vždy podľa možnosti nájsť najkratšiu cestu. Všetky zbytočné skomplikovania trasy nezvyšujú iba náklady na inštaláciu, ale aj prevádzkové náklady a nebezpečie vzniku netesností systému.

Horizontálne potrubia sa kladú s malým klesaním v smere prúdenia chladiva.

Odporúča sa pomer 1 : 100. Toto uľahčuje prúdenie oleja počas kludu zariadenia.

Uchytenia trubiek musia byť dostatočné, ale musia zabezpečovať určitý pohyb rúrky z dôvodu jej tepelnej rozťažnosti a vibrácií, aby na nich nevznikali odreniny, prípadne trhliny.

Obrázok 3



Všetky chladivové potrubia (obrázok 1)

Ďalej uvedené dodatočné princípy sa týkajú všetkých chladivových potrubí.

- Je treba zabrániť tvorbe zbytočných olejových vakov. Nesprávna inštalácia alebo komplikované vedenie trubiek môže viesť k neželaným prípadom, kde sa hlavne pri prevádzke na čiastočný výkon nazbiera olej.
- Okrem toho je potrebné vkladať do potrubia slučky z dôvodu pohlcovania zmien dĺžky potrubia a jeho chvenia.
- Všetky potrubia pri zmene teploty menia svoju dĺžku. Všetky kompresory viac alebo menej vibrujú najmä pri štarte a vypnutí. Kompresory sa preto často montujú na tlmiče chvenia z pružinovej ocele alebo gumy.
- Napriek tomu musia byť potrubia flexibilné. Preto je treba vytvoriť v trase na vhodnom mieste slučku alebo odbočenie, aby sa zachytili a znížili pohyby potrubia vyvolané kompresorom.

13.3 Sacie potrubie

Je najhádlivejšie!

Zvlášť je treba zohľadniť: pokles tlaku,
návratnosť oleja,
kvapalinové rázy.

Saciemu potrubiu sa venuje pozornosť ako prvému a to čo najväčšia, pretože je to najkritickejší bod trasy. Je treba zohľadniť tri základné body:

1. Tlaková strata pri plnom zaťažení musí zostať v prijateľných medziach.
2. Musí byť zabezpečený návrat oleja aj pri čiastočnom (*minimálnom*) zaťažení.
3. Ak je kompresor v klude, nesmie sa dostať do sacieho potrubia kvapalné chladivo jeho presunom. Okrem toho sa musí zabrániť olejovým alebo kvapalinovým rázom počas prevádzky, to značí, že pri opätovnom štarte nesmie kompresor nasať zmes oleja a kvapalného chladiva.

Odporúčené hospodárne rýchlosti prúdenia pár chladív sú :

R12	4 až 9	m/s
R22 a R502	7 až 12	m/s
R134a	8 až 11	m/s

pričom vyššie uvádzané rýchlosti sú platné najmä pre zvislé časti potrubia, s vedomím väčšej tlakovej straty v týchto sekciách.

13.3.1 Pokles tlaku v sacom potrubí

Údaje v tabuľke platia pre chladivo R22 pri +5,5°C výparnej teploty a + 40,6°C kondenzačnej teploty. Tlaková strata v sacom potrubí znamená stratu výkonu toho istého systému, kde kompresor musí pracovať pri nižšom výparnom tlaku, aby udržal želanú výparnú teplotu.

Pokles teploty nasýteného plynu (K)	Kompresor		Pokles tlaku v sacom potrubí (bar)
	Výkon (%)	Spotreba energie (%)	
0	100	100	žiadna strata
1	96	104	0,18
2	92	107	0,36

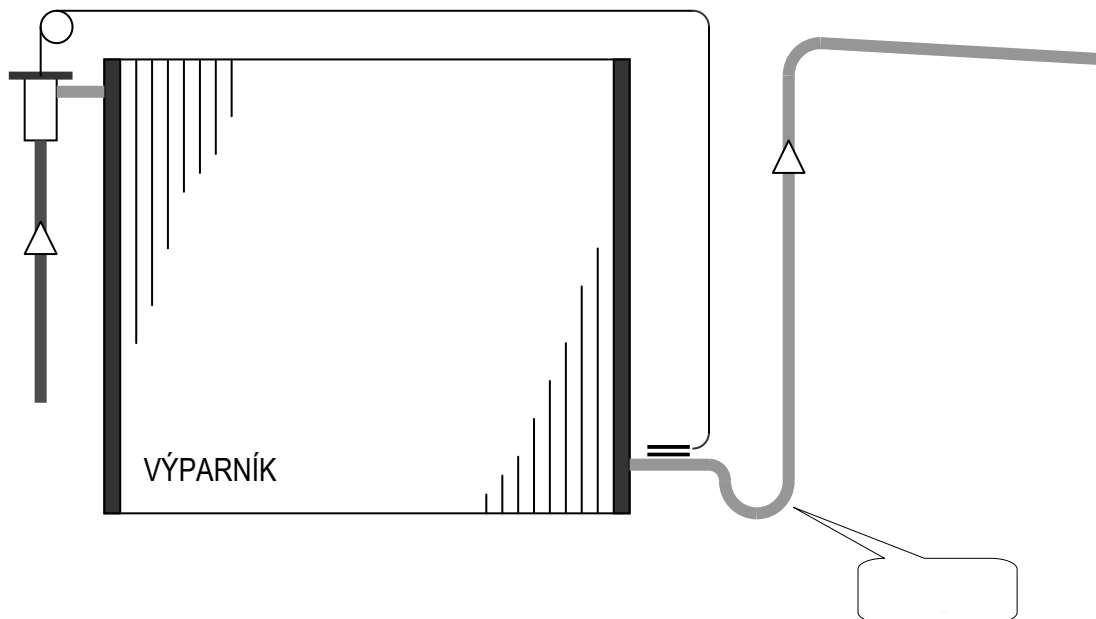
Prvý riadok tabuľky s číslami opisuje teoretický prípad, kedy pokles tlaku vzťahnutý na teplotu nasýtenia plynu je rovný nule, a tým aj tlaková strata v sacom potrubí je nulová a kde pri týchto podmienkach je výkon kompresora a spotreba energie 100 %.

Druhý riadok udáva, že pri poklese teploty nasýteného plynu na kompresore o 1 K, klesne výkon kompresora na 96 % a spotreba energie stúpne na 104 %. Pokles teploty o 1 K zodpovedá tlakovej strate v sacom potrubí 0,18 bar.

Posledný riadok tabuľky popisuje pokles teploty nasýteného plynu o 2 K.

V praxi sa uvažuje so sacími potrubiami navrhnutými pre stratu tlaku zodpovedajúcu poklesu teploty nasýteného plynu o 1,1 K.

Obrázok 4



13.3.2 Stúpajúce sacie potrubie (obrázok 4)

Pri zvisle stúpajúcich sacích potrubíach bude dopravovaný olej do kompresora pomocou prúdiaceho chladiva. Musí byť pritom dodržaná určitá minimálna rýchlosť prúdenia chladiva, aby ním bol olej strhávaný. Minimálna rýchlosť prúdenia chladiva závisí od hustoty plynu a od vnútorného priemeru rúrky.

Sifón pri päte stúpajúceho potrubia má ten význam, aby prípadné kvapalné chladivo alebo olej mal kam stiecť, a aby ich prítomnosť neovplyvňovala tykavku termostatického expanzného ventilu.

Ak je zvisle stúpajúce potrubie vyššie ako 4 m umiestňujeme do potrubia olejové sifóny (obrázok 4b).

Obrázok 4b

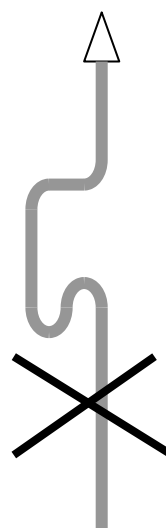
Správne



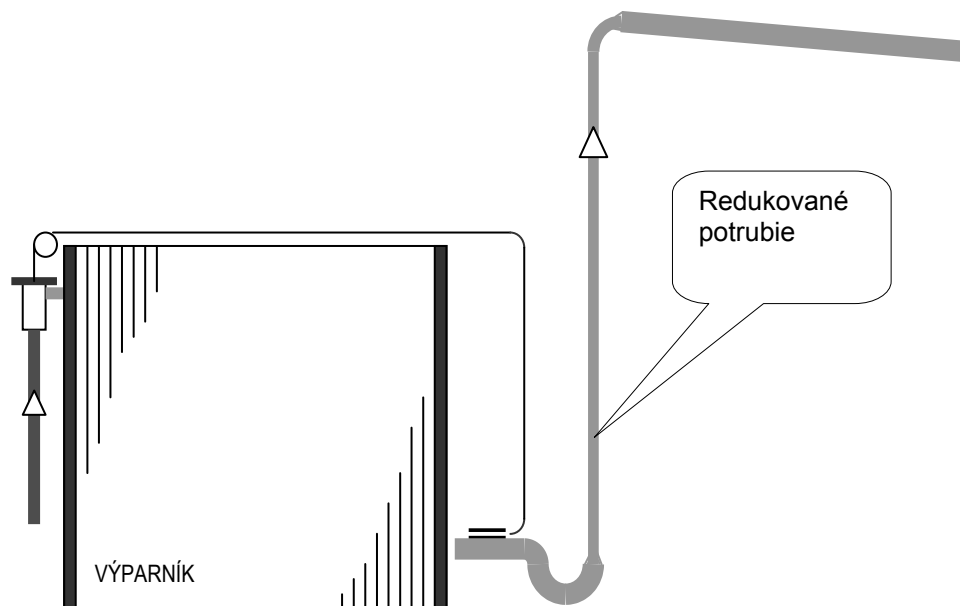
Správne



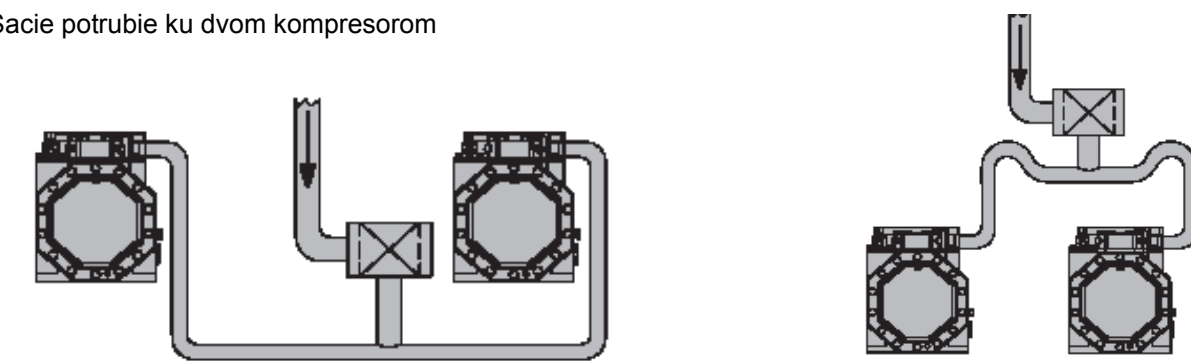
Zle



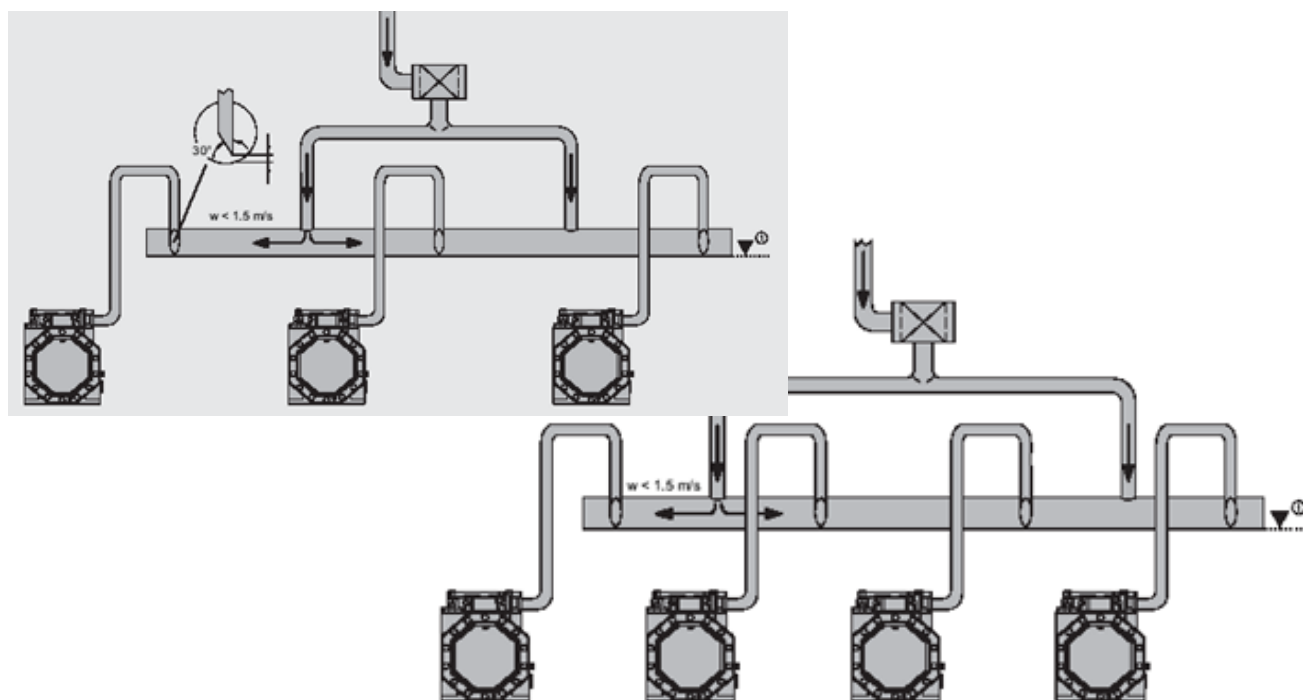
Obrázok 5



Sacie potrubie ku dvom kompresorom



Sacie potrubie ku trom a štyrom kompresorom



13.3.3 Redukované stúpajúce sacie potrubie (obrázok 5)

V systémoch, v ktorých sa pomocou automatickej regulácie mení výkon zariadenia, volia sa kratšie stúpajúce potrubia zvyčajne s menším priemerom ako ostatné, aby sa zabezpečilo plnohodnotné vracanie oleja.

Napriek tomu, že stúpajúce potrubie s menším prierezom vykazuje vyššie trenie, pomocou jeho redukovanej dĺžky sa celková strata trením zvýši len málo.

Ak je potrebné udržať celkovú stratu v sacom potrubí zodpovedajúcu približne 1,1 K, volí sa prípadne ostatné sacie potrubie s väčším priemerom ako zvyčajne.

13.3.4 Dvojité stúpajúce sacie potrubie (obrázok 6)

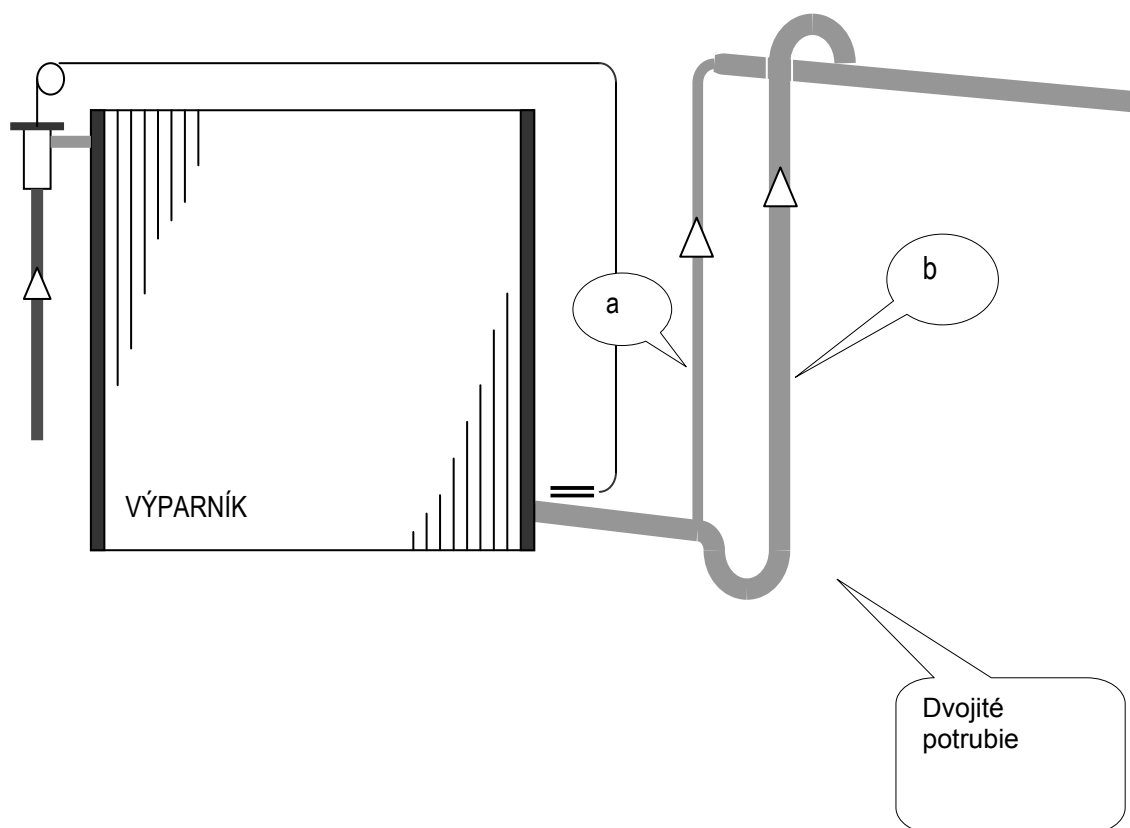
V prípadoch, kde má výkonová regulácia veľký rozsah, nie je možné určiť priemer stúpajúceho potrubia, ktoré by zabezpečilo ako návratnosť oleja, tak aj nízku tlakovú stratu. Olej sa musí vracajť aj pri najnižšom výkone kompresora, a tlaková strata nesmie pri veľkom výkone prekročiť určitú hodnotu. V takýchto prípadoch sa používa dvojité stúpajúce potrubie, ako je znázornené na obrázku 6.

Pri tomto systéme tenšie potrubie označené „a“ slúži na návrat oleja pri najnižších výkonoch zariadenia. Druhé potrubie označené ako „b“ má zvyčajne väčší priemer - ale nemusí. Je zvolené tak, aby tlaková strata pri použití oboch potrubí a plnom výkone zariadenia nebola príliš veľká.

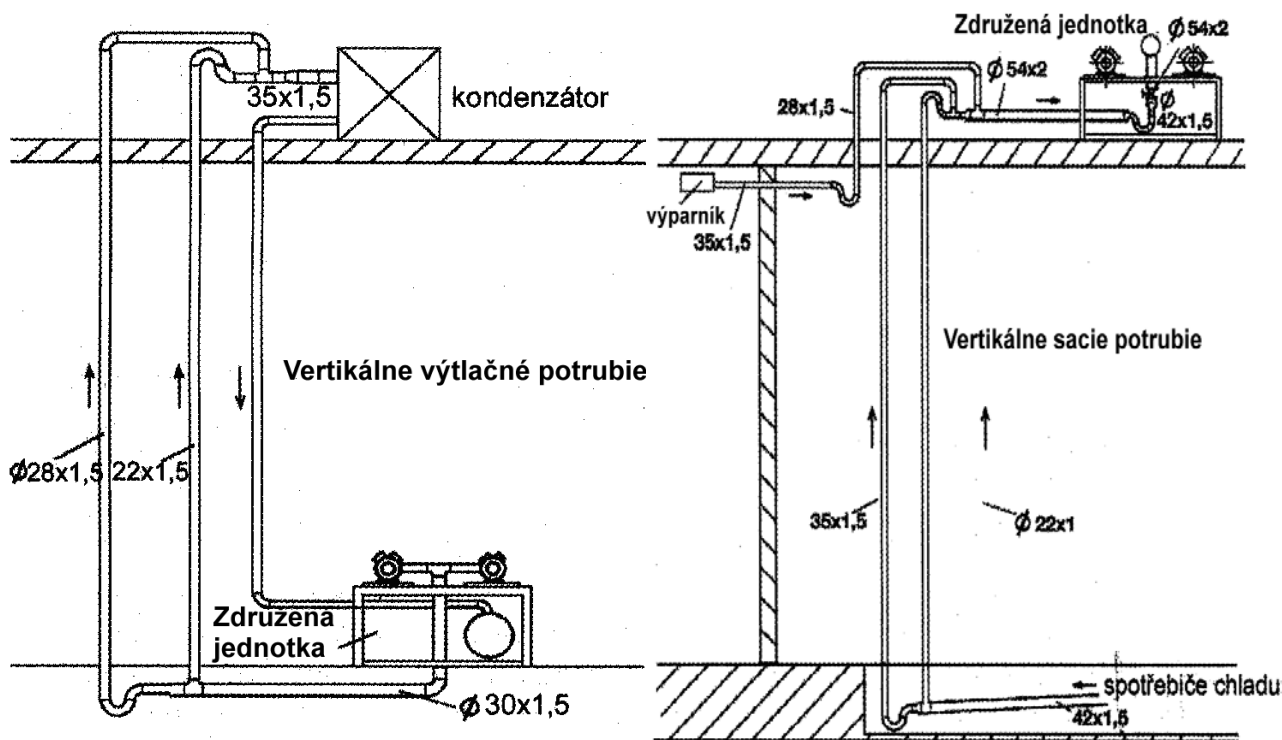
Medzi oboma stúpajúcimi potrubiami sa nachádza sifón. Jeho úlohou je, že pri prevádzke na čiastočný výkon, teda nižšej rýchlosti prúdenia sa úplne naplní olejom a v podstate sa uzatvorí potrubie „b“. Plyn potom musí prúdiť cez potrubie „a“. Pretože sa tým zmenší celkový prierez stúpajúceho potrubia, bude rýchlosť prúdenia chladiva dostatočná na to, aby bol olej strhávaný. Tento olejový sifón sa realizuje obyčajne z oblúka 180°C s malým priemerom, aby množstvo oleja nebolo príliš veľké.

Obe stúpajúce potrubia sú pripojené na horizontálne potrubie s určitým prevýšením (oblúkom), aby olej nemohol stekať späť.

Obrázok 6



Pri výkonovej regulácii kompresorov deliť „stúpačky“ obdobne ako v sacom potrubí (podľa počtov regulačných stupňov)

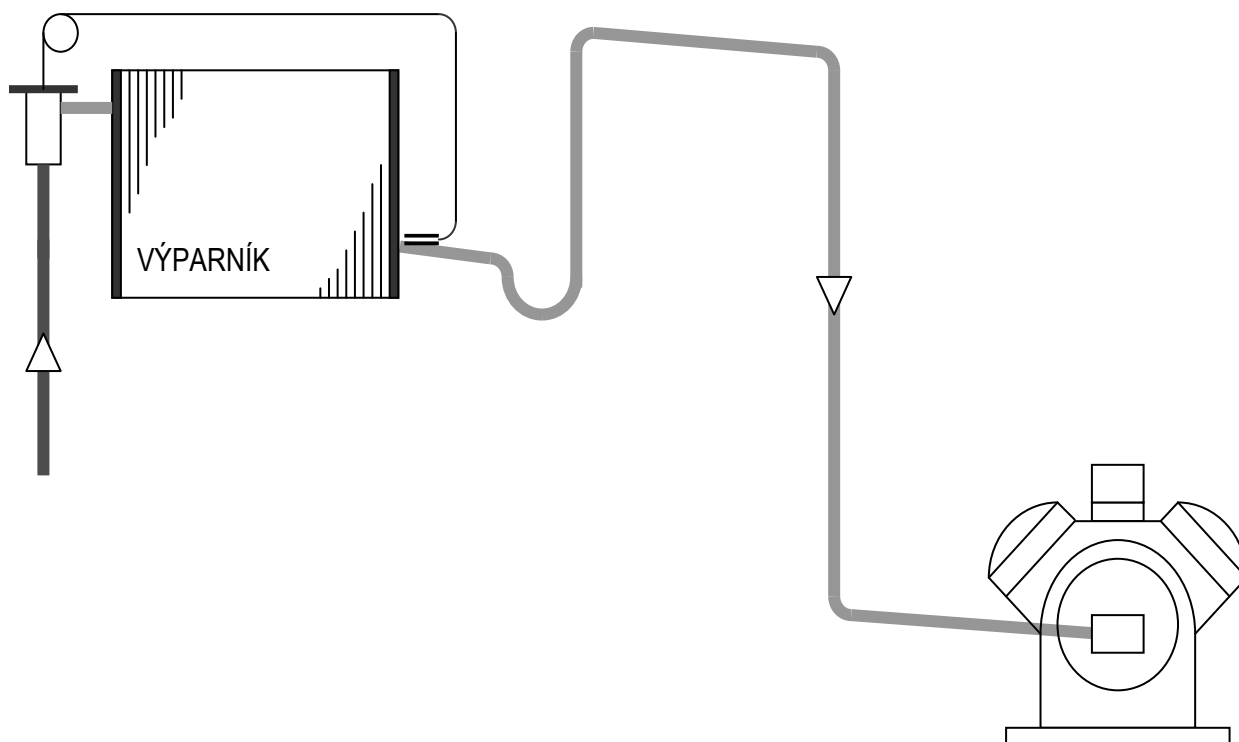


Vertikálne výtlačné a vertikálne sacie potrubie pri výkonovej regulácii kompresorov

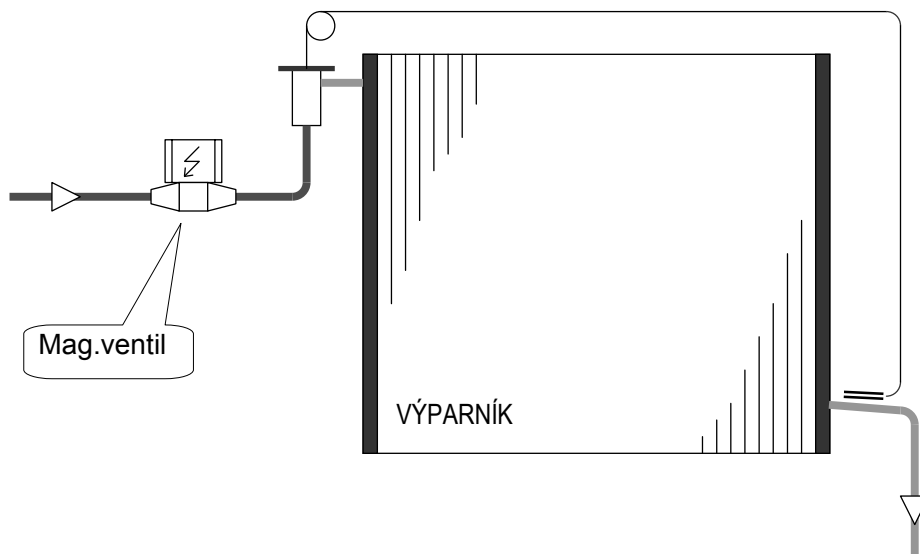
13.3.5 Sifóny a prevýšenia v sacom potrubí (obrázok 7)

Ak je kompresor umiestnený nižšie, alebo na rovnakej úrovni ako výparník (ako na obrázku), musí sacie potrubie pri výstupe z výparníka viesť najprv hore, minimálne na úroveň jeho hornej hrany. Toto zabráňuje stekaniu kvapalného chladiva alebo oleja z výparníka pri kľude zariadenia, čo zabráňuje poškodeniu kompresora možným kvapalinovým rázom pri jeho zapnutí.

Obrázok 7



Obrázok 8



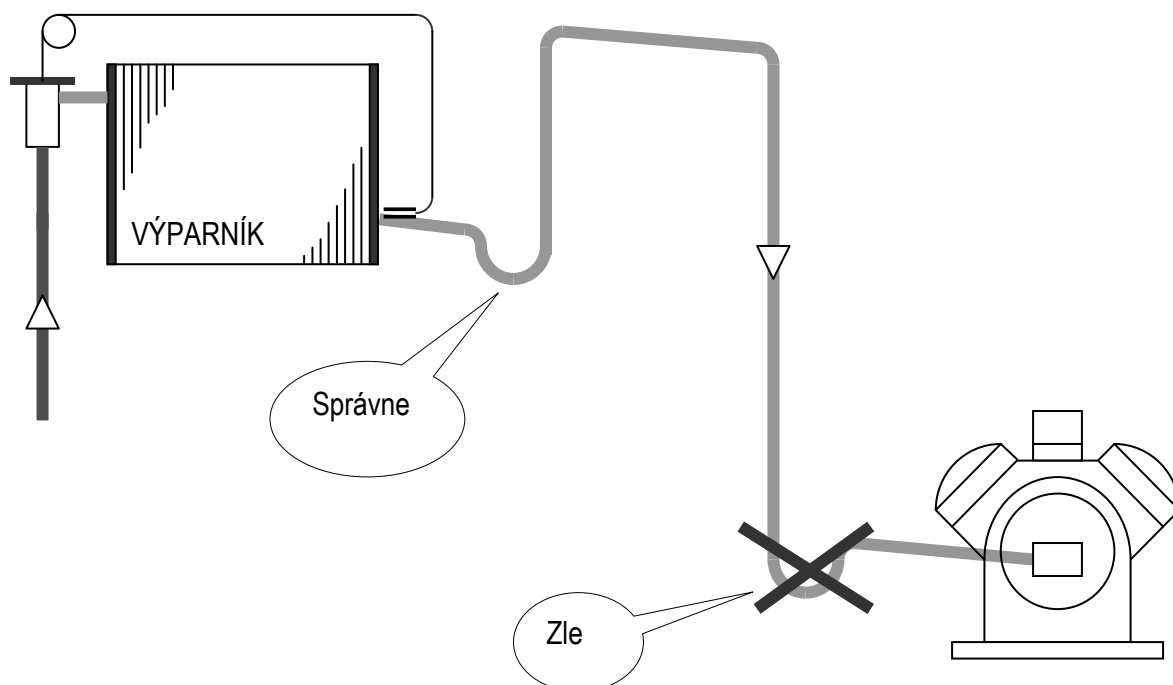
13.3.6 Metóda odčerpania chladiva - „pump down“ (obrázok 8)

Sifón v sacom potrubí pri výstupe z výparníka môže byť vynechaný a celý trúbkový systém sa tým môže zjednodušiť, ak sa použije tzv. „pump down“ riadenie činnosti kompresora.

Ako je zjavné z obrázku, k takémuto riadeniu patrí aj magnetický ventil, ktorý sa montuje do kvapalinového potrubia tesne pred expanzný ventil. Samotný kompresor bude potom riadený pomocou nízkotlakého spínača (*presostatu*). Odhliadnuc od iných predností, zabraňuje tento systém prúdeniu kvapalného chladiva do kompresora pri zariadení v kľude.

V tomto prípade je prípustné sacie potrubie vedúce priamo ku kompresoru.

Obrázok 9



13.3.7 Zabrániť nepotrebným vakom v sacom potrubí (obrázok 9)

Tak ako je dôležité zabrániť presunu kvapalného chladiva pri kľude zariadenia ku kompresoru, tak isto je dôležité zabrániť vytvoreniu kvapalinových alebo olejových vakov v sacom potrubí blízko pred kompresorom. V takýchto vakoch sa zbiera olej, a pri nábehu ho kompresor nasaje - následkom môže byť poškodenie kompresora.

13.4 Vysokotlaké potrubie (výtlak)

Treba zohľadniť najmä:

pokles tlaku,
cirkulácia a návrat oleja,
nežiaduci návrat kvapalného chladiva pri kľude kompresora.

Úvahy, ktoré treba zohľadniť pri návrhu vysokotlakého potrubia sú podobné ako pri sacom potrubí.
Treba dbať na 3 body:

1. Tlaková strata pri plnom zaťažení musí byť v prijateľných medziach.
2. Návrat oleja alebo jeho cirkulácia musí byť zabezpečená aj pri čiastočnom zaťažení zariadenia.
3. Treba zabrániť tomu, aby sa chladivo alebo olej pri zariadení v kľude nedostalo k hlave valcov kompresora.

Odporúčené rýchlosti prúdenia stlačených pár chladív sú :

R12	8 až 11	m/s
R22 a R502	10 až 15	m/s
R134a	10 až 14	m/s

13.4.1 Pokles tlaku vo vysokotlakom potrubí

Pokles teploty nasýteného plynu (K)	Kompresor		Pokles tlaku v sacom potrubí (bar)
	Výkon (%)	Spotreba energie (%)	
0	100	100	žiadna strata
1	98	103	0,37
2	97	106	0,73

Údaje v tabuľke platia pre chladivo R22 pri +5,5 °C výparnej teploty a +40,6 °C kondenzačnej teploty.

Aj tlaková strata vo vysokotlakom potrubí má vplyv na celkovú výkonovú stratu systému, pretože kompresor musí pracovať s vyšším vysokým tlakom, aby bola dosiahnutá rovnaká kondenzačná teplota.

Prvý riadok tabuľky s číslami opisuje teoretický prípad, kedy pokles tlaku vzťahnutý na teplotu nasýtenia plynu je rovný nule, tým aj tlaková strata vo vysokotlakom potrubí je nulová a kde pri týchto podmienkach je výkon kompresora a spotreba energie je 100%.

Druhý riadok udáva, že pokles tlaku zodpovedajúci poklesu teploty nasýteného plynu o 1 K vo vysokotlakom potrubí zníži výkon kompresora na 98% a spotreba energie stúpne na 103%. Tomu zodpovedá strata tlaku 0,37 bar.

Posledný riadok tabuľky popisuje pokles teploty nasýteného plynu o 2 K.

V praxi sa navrhujú vysokotlaké potrubia pre pokles tlaku zodpovedajúci zmene teploty nasýteného plynu 1,1 K.

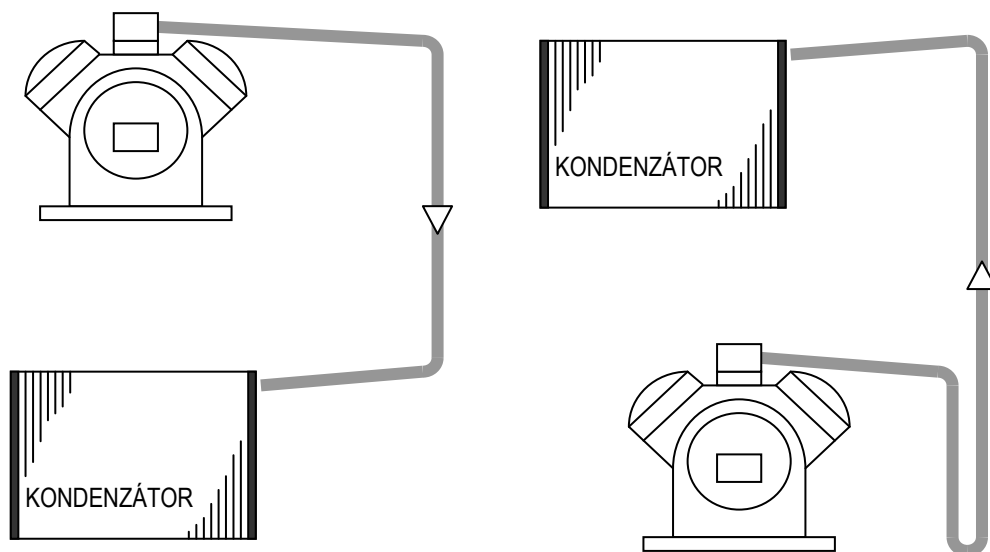
Vysokotlaké potrubie (obrázok 10)

Na obrázku je znázornené vysokotlaké potrubie v najjednoduchšej forme. Môže viesť priamo dolu ku kondenzátoru. Minimálna rýchlosť prúdenia tu nie je doporučená, olej sám steká do kondenzátora. Treba len zohľadniť tlakovú stratu pri najvyššom výkone zariadenia.

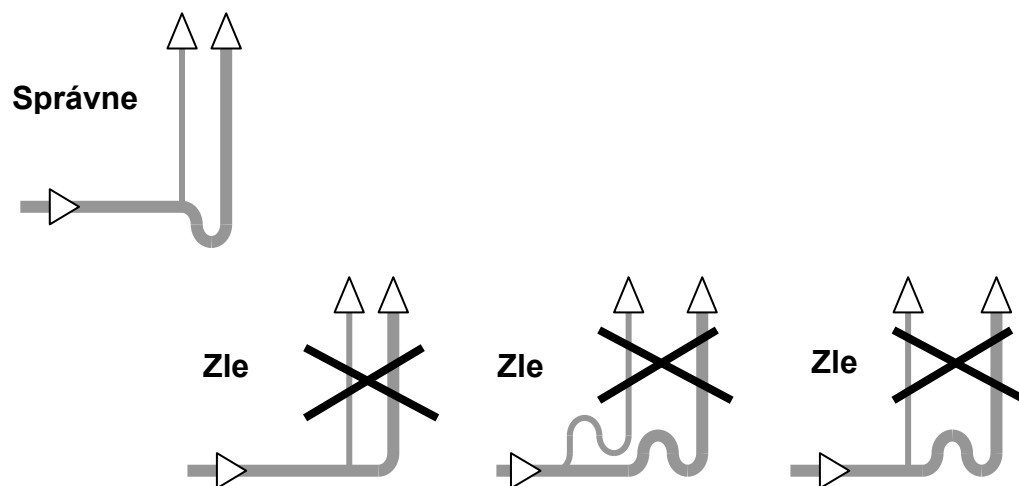
Obrázok napravo znázorňuje stúpajúce vysokotlaké potrubie. Tak ako pri sacom potrubí, bude olej pomocou plynného chladiva dopravovaný smerom hore do kondenzátora. Rýchlosť prúdenia v tomto potrubí nie je taká kritická ako u sacieho potrubia, pretože olej je dopravovaný horúcim chladivovým plynom pri vysokom tlaku.

Tak ako pri sacích potrubíach sa musí pri zariadeniach pracujúcich na čiastočný výkon v určitých prípadoch použiť dvojité stúpajúce potrubie na vysokotlakej strane. V ostatnom platia zásady návrhu ako pri sacích potrubíach.

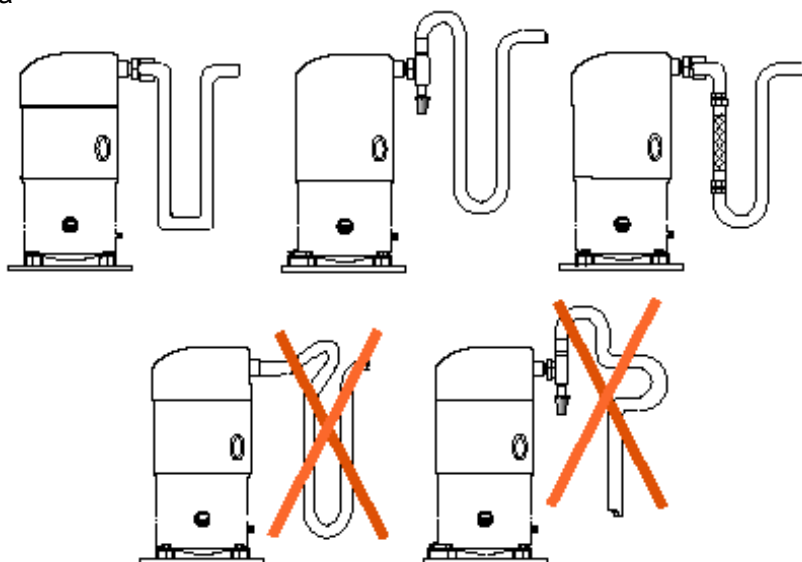
Obrázok 10



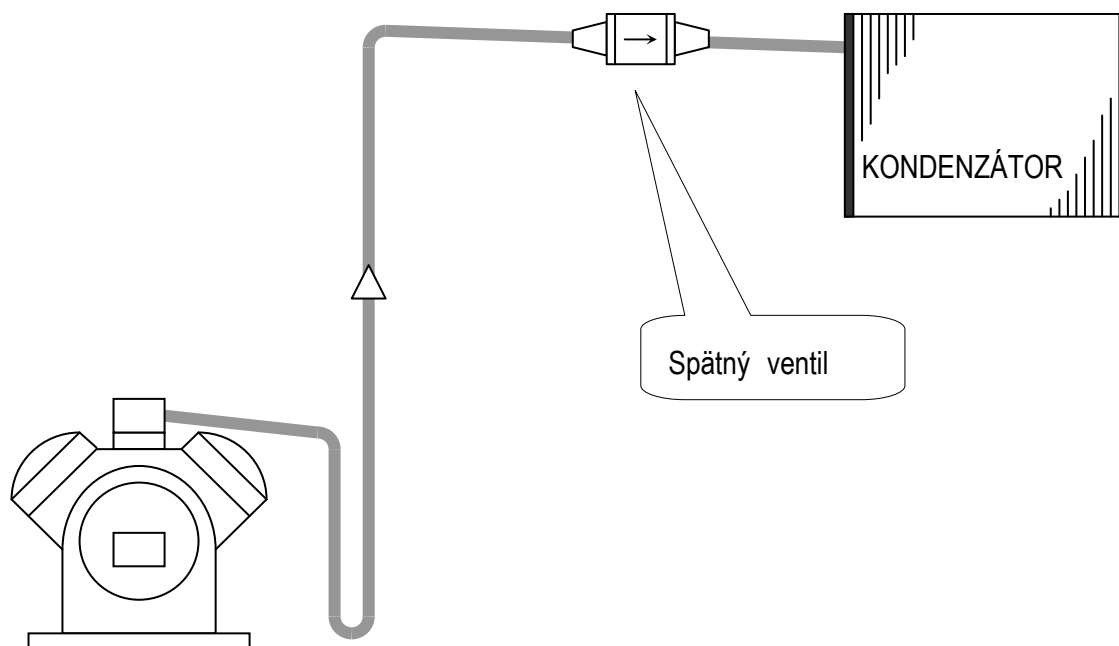
Obrázok 10b



Výstup z kompresora



Obrázok 11



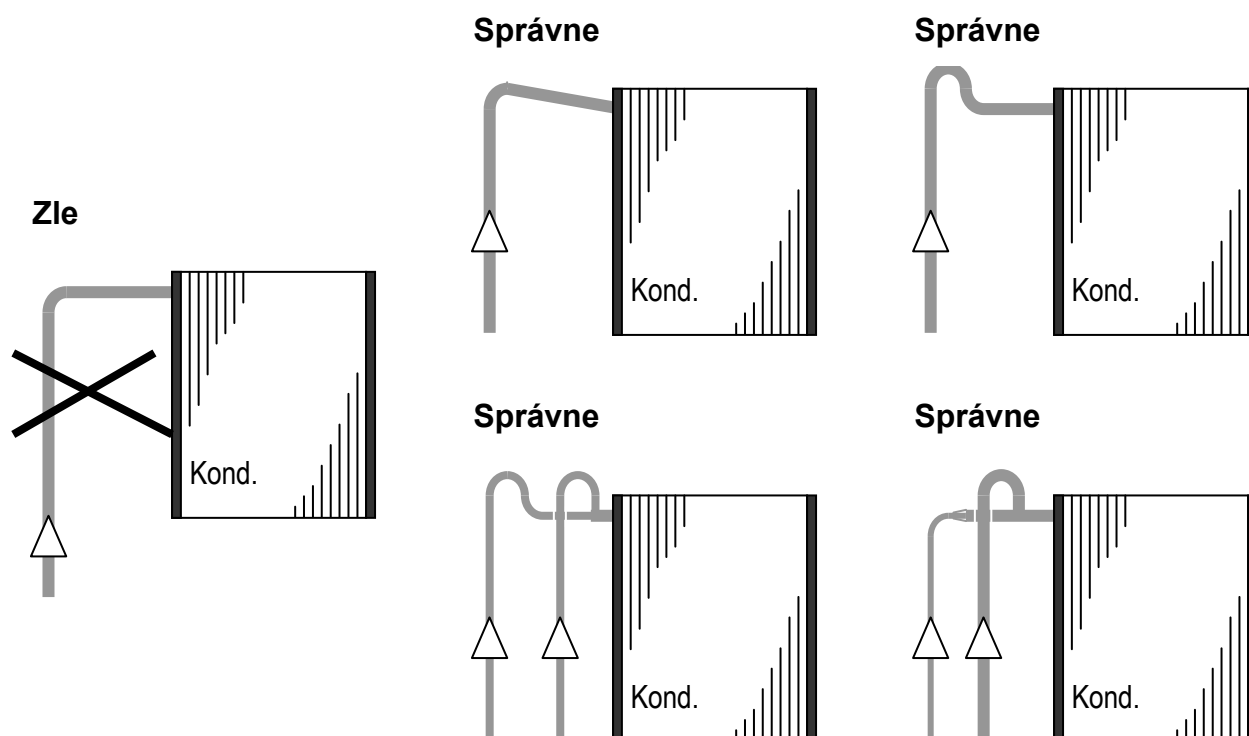
13.4.2 Ochrana kompresora pri zariadení v kľude (obrázok 11)

Pretože vysokotlaké potrubie je pripojené priamo na hlavu valcov kompresora, musia sa dodržať určité opatrenia, ktoré zabránia návratu skonde nzovaného chladiva a oleja ku kompresoru pri jeho kľude.

Sifón z rúrky medzi kompresorom a stúpajúcim potrubím, ktorá je znížená až po spodnú úroveň kompresora v normálnych prípadoch zachytí chladivo alebo olej prúdiaci späť ku kompresoru.

Ak je kompresor umiestený na mieste, kde je chladnejšie ako v blízkosti kondenzátora, musí sa do vysokotlakového potrubia v blízkosti kondenzátora zabudovať spätný ventil, ktorý zabráni presunu chladiva ku kompresoru.

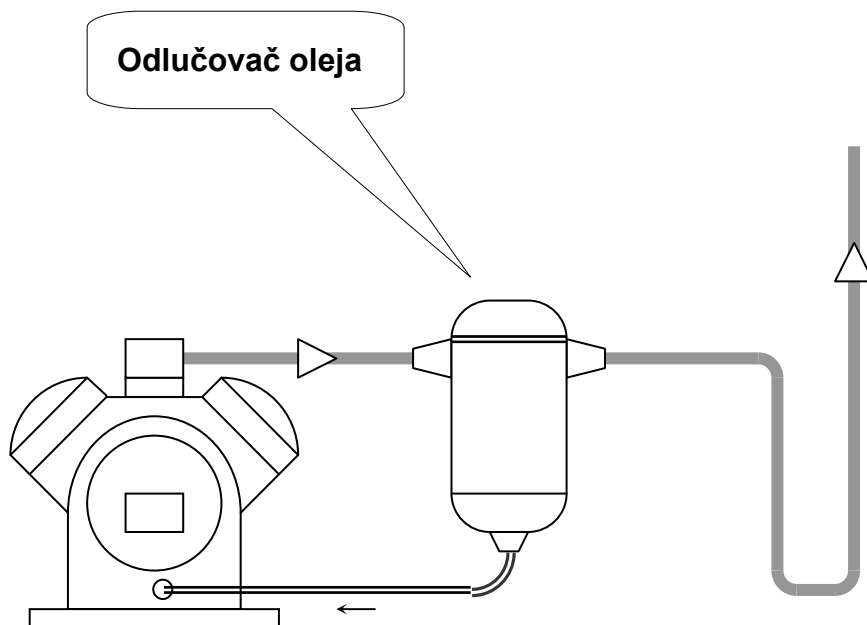
Obrázok 11b



13.4.3 Zabudovanie odlučovača oleja do vysokotlakového potrubia (obrázok 12)

Ak sa použije odlučovač oleja, umiestňuje sa medzi kompresor a sifón vo vysokotlakom potrubí. V sifóne sa zachytí prípadné chladivo, aby sa nemohlo dostať do odlučovača oleja. Pretože z odlučovača oleja sa olej vedie priamo späť do olejovej vane kompresora, musí byť tento prepoj vytvorený tak, aby sa v ňom nemohlo vytvoriť tekuté chladivo (prípadne ho izolovať).

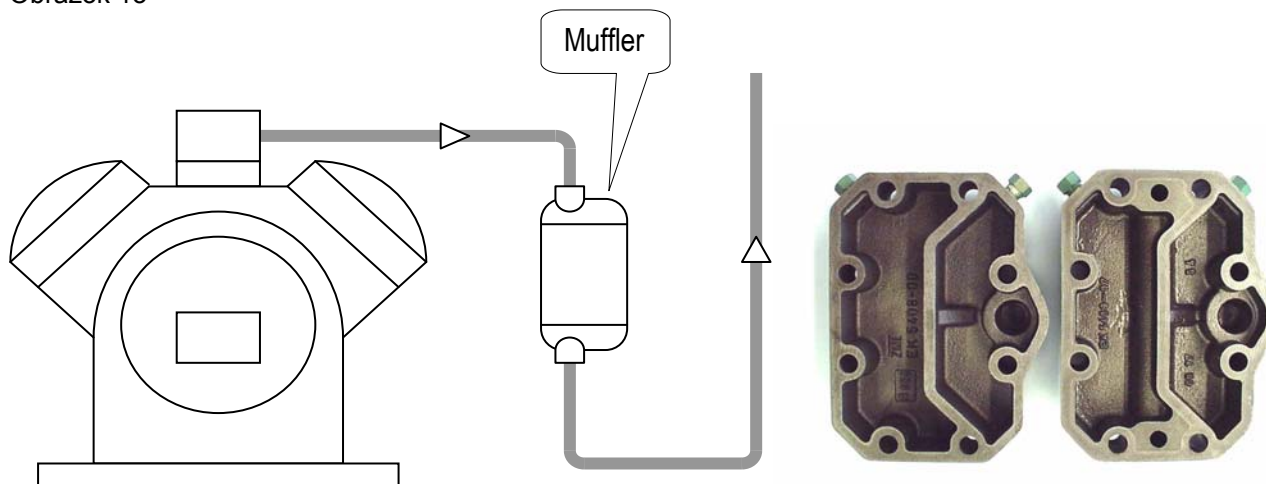
Obrázok 12

**13.4.4 Zabudovanie „mufflera - tlmiča“ do vysokotlakového potrubia (obrázok 13)**

Miesto predurčené na montáž mufflera je klesajúca časť vysokotlakového potrubia do sifónu pri kompresore. Pri tomto umiestnení nie je možné, aby sa v ňom zbieral olej, alebo kondenzovalo chladivo. Muffler je pre svoju funkciu dobre skonštruovaný a veľmi málo vadí pri opravách alebo údržbe zariadenia.

Muffler sa môže inštalovať aj do horizontálnej časti vysokotlakového potrubia, treba však dať pozor, aby jeho excentrická časť nebola otočená smerom dolu, aby sa v ňom nemohol zbierať olej. Muffler sa inštaluje čo možno najbližšie ku kompresoru.

Obrázok 13

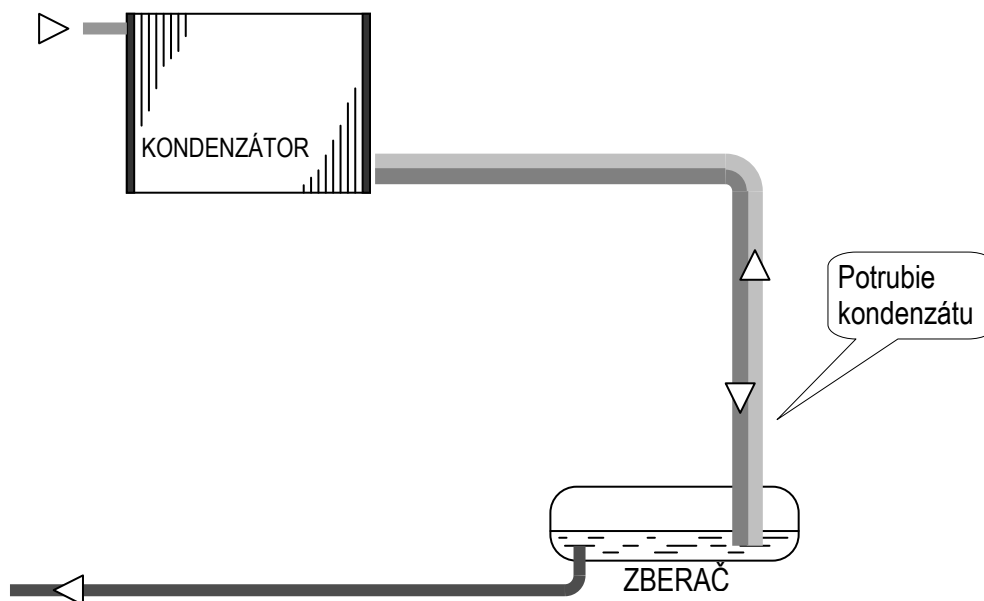
**13.4.5 Potrubie kondenzátu (obrázok 14)**

Trubkové prepojenie medzi kondenzátorom a zberačom musí byť také, aby mohlo prúdiť skondenzované chladivo z kondenzátora do zberača a naopak, aby sa chladivé pary mohli dostať zo zberača do kondenzátora.

Obrázok znázorňuje krátky úsek medzi kondenzátorom a zberačom, kde sú obe funkcie tohto potrubia znázornené.

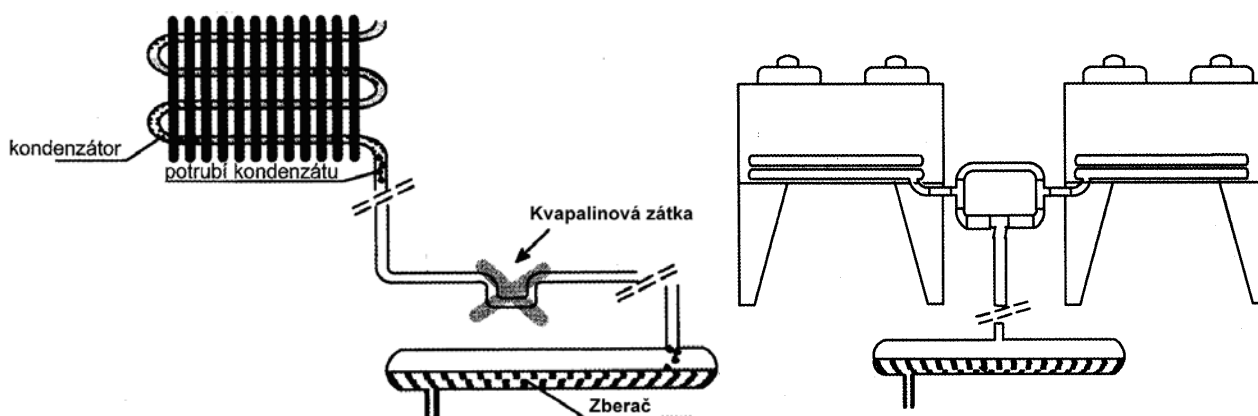
Toto potrubie musí byť dimenzované tak, aby spĺňalo obe tieto funkcie.

Obrázok 14



Zásady platné pre potrubie kondenzátu

- nezabúdať, že max. rýchlosť prúdenia kvapalného chladiva v tomto potrubí nesmie byť väčšia ako **0,5 m/s!!!** – potrubie kondenzátu teda „bohato“ dimenzovať (podľa nepísaného pravidla vždy o jeden stupeň väčšie ako výstup hlavného kvapalinového potrubia zo zberača),
- viesť najkratšou možnou cestou s trvalým dostatočným spádom 2 až 4 % ku zberaču. To pri správnom dimenzovaní zaručuje ako voľný výtok kvapaliny z kondenzátora do zberača, tak aj voľné prúdenie pár chladiva zo zberača späť do kondenzátora – **dvojfázové prúdenie**,
- zameniť tvorbe „vakov“. Platí pravidlo symetrického usporiadania, v dvoch paralelne pracujúcich kondenzátorov rovnakého typu
- pokiaľ je možné neinštalovať po trase potrubia kondenzátu žiadne uzatváracie ventily. Ak je to totiž nevyhnutné, potom **zásadne** s kúžeľkou (vretenom) vo vodorovnej polohe.
- dodržať pokyny výrobcu!

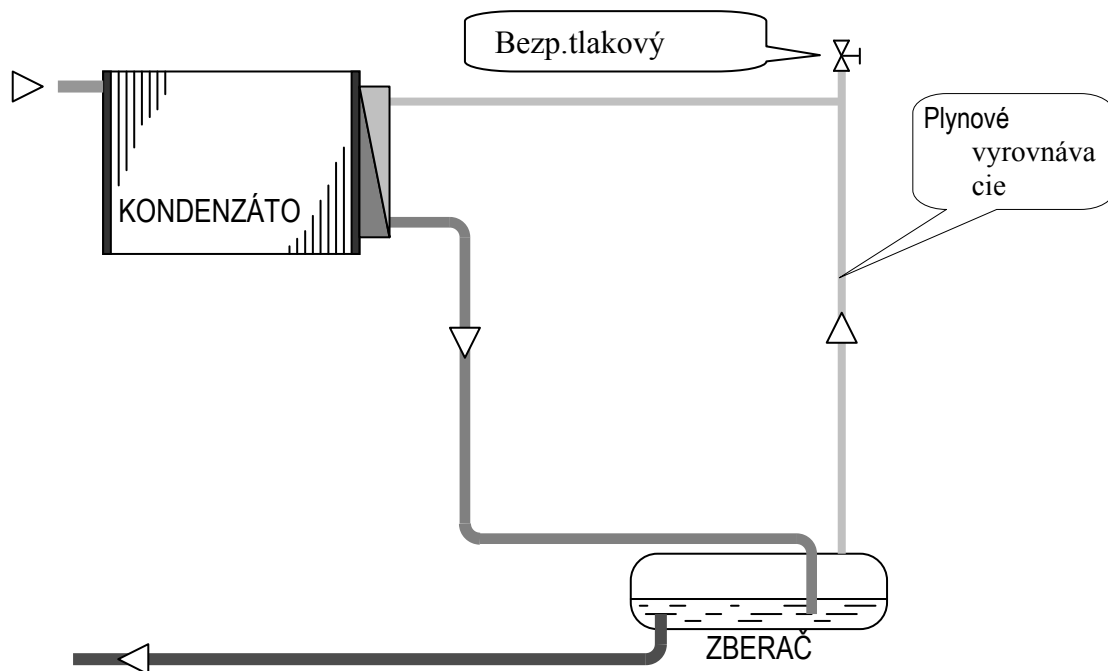


13.4.6 Plynové vyrovnávacie potrubie (obrázok 15)

Keď horizontálna vzdialenosť medzi kondenzátorom a zberačom je viac ako 2 m, musí sa inštalovať separátne vyrovnávacie potrubie pre plynné chladivo.

Obrázok znázorňuje typické usporiadanie pri inštalovaní vyrovnávacieho potrubia. Výškový rozdiel medzi kondenzátorom a zberačom musí byť minimálne taký, aby bolo prekonalé vnútorné trenie v trubke a chladivo začalo cirkulovať.

Obrázok 15



13.4.7 Kvapalinové potrubie

- Pokles tlaku.
- Tvorba plynných bublín tzv. „Flash gas“.

Výber kvapalinového potrubia je z určitého pohľadu najmenej kritické. Oleje používané v chladiacich kompresoroch sa poväčšine dobre miešajú s chladivami v kvapalnom stave.

Vysoká rýchlosť prúdenia v kvapalinovom potrubí z dôvodu návratnosti oleja sa preto nemusí zohľadňovať. Taktiež sú zbytočné aj pasce na olej v tomto potrubí.

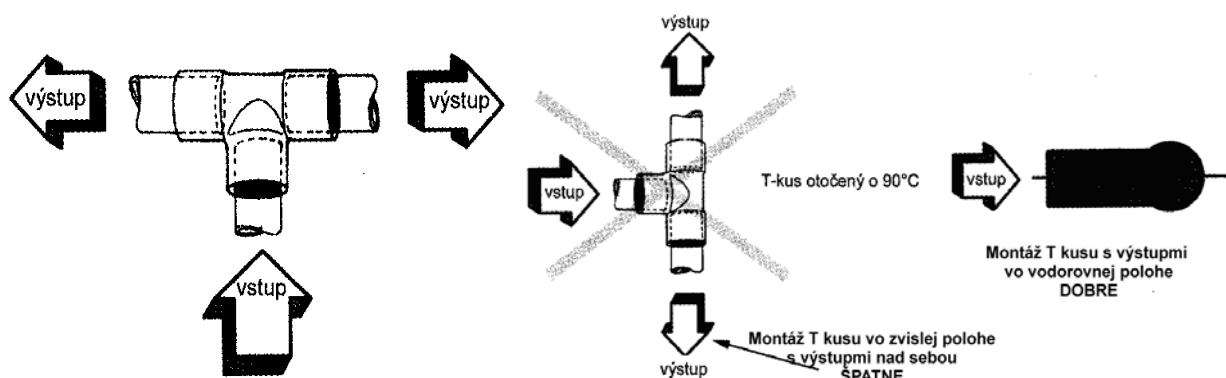
Želaním je mať mierne podchladené kvapalné chladivo s dostatočne vysokým tlakom pred expanzným ventilom, tým je zabezpečená správna funkcia. Je treba sa z dvoch príčin zaujímať tlakovú stratu v kvapalinovom potrubí.

1. Príliš vysoká tlaková strata v kvapalinovom potrubí sa prejaví poklesom výkonu na expanznom ventilu.
2. Tlaková strata bez dostatočného podchladenia kvapalného chladiva môže viesť k predčasnému splyňovaniu chladiva a tvorbe bublín v kvapalinovom potrubí.

Odporúčaná rýchlosť prúdenia kvapalného chladiva je 0,4 až 0,8 m/s.

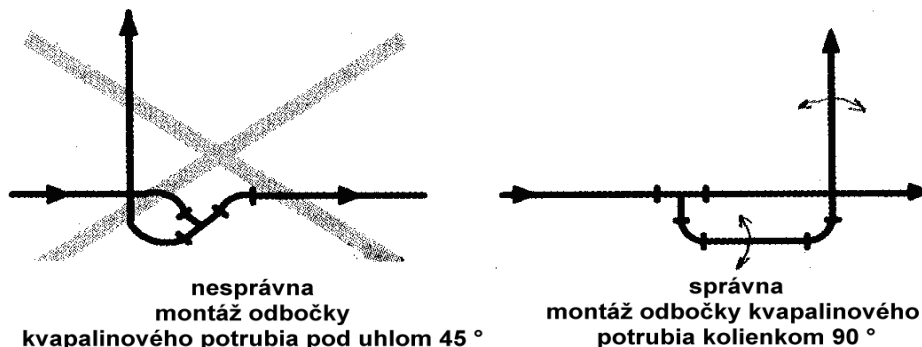
Pri delení kvapalinového potrubia pomocou T – kusov dodržiavať tieto zásady:

- prostrednú vývodku T – kusu vykonávať vždy ako vstup, bočné vývodky ako výstupy
- výstupy T kusov vykonať vždy vodorovne, nikdy nie zvisle nad sebou.



Odbočky zložitých potrubných sietí s väčším počtom prípojných miest

- odbočky z kvapalinového potrubia vykonávať len zdola a zásadne nepoužívať 45° kolená. Eliminácia teplotných rozťažností oboch sekcií v prípade vertikálnych odbočiek,
- čím dlhšia je vertikálne vedená odbočka odvedená z rovnako dlhého úseku kvapalinového potrubia (*to znamená, že teplotná dilatácia oboch častí bude za prevádzky značná*), tým viac je vlastný spoj medzi hlavným potrubím a odbočkou mechanicky namáhaný (*na krut*). Tým väčšie je potenciálne nebezpečie jeho poškodzovania majúce za následok únik chladiva. Riešenie- spevňovací zvar.
- v prípadoch podchladenia kvapaliny o viac ako 20 K je treba eliminovať pôsobenie eventuálne kvapalinových rázov „klznými“ držiakmi

**13.4.8 Tlaková strata v kvapalinovom potrubí**

Tlaková strata v kvapalinovom potrubí má tri rôzne príčiny:

1. *Odpor potrubia (trenie).*
2. *Výškový rozdiel.*
3. *Diely príslušenstva.*

Kvapalinové potrubie sa volí za normálnych okolností s ohľadom na vnútorné trenie a príslušenstvo tak, aby bola dodržaná tlaková strata zodpovedajúca teplotnému rozdielu 0,6 K.

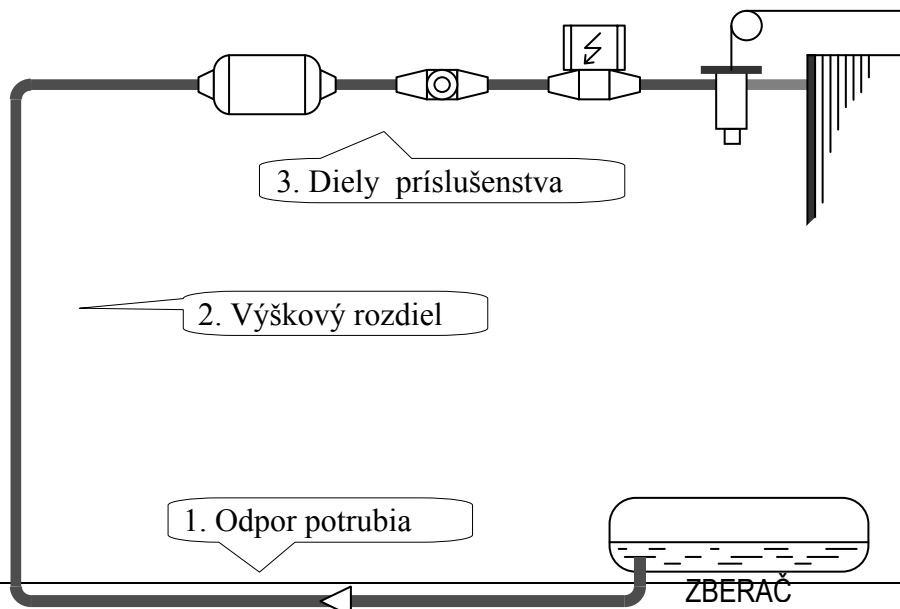
Rozdiel vo výške medzi kondenzátorom a výparníkom je poväčšine závislý od druhu zariadenia. Tlaková strata v takomto potrubí môže byť hlavným faktorom pri návrhu celého chladiaceho systému.

Hmotnosť chladiva R22 napríklad spôsobí na výškovom rozdieli 1 m tlakovú stratu približne 0,115 baru, alebo ináč - strata tlaku pri výškovom rozdieli 1 m je 0,115 baru. Keď má teda chladiaci systém expanzný ventil vo výške približne 6 m od hladiny chladiva v zberači, bude váha chladiva R22 v kvapalinovom potrubí vytvárať stratu 0,69 baru.

Diely príslušenstva, ako napr. uzatváracie ventily, priesorníky, filterdehydrátory atď. sú každopádne zdrojom ďalšej tlakovej straty. Tlaková strata spôsobená dielmi príslušenstva môže nadobudnúť značnú hodnotu. Napr. filterdehydrátory majú za následok svojim poslaním - menovite zabrániť prechodu neželaných častíc, tlakovú stratu, ktorú treba vziať do úvahy.

Ak presiahne celková tlaková strata v dieloch príslušenstva hodnotu 0,28 bar, je treba voliť ďalšiu veľkosť príslušenstva.

Obrázok 16



13.4.9 Zabránenie tvorby plyných bublín „flash gas“

- Priemer trubiek.
- Veľkosť expanzného ventilu.
- Podchladenia kvapaliny pomocou:
 - kondenzátora,
 - výmenník tepla,
 - podchladzovača.
- Veľkosť dielov príslušenstva.

Z predošlého už vieme, že pokles tlaku pri nasýtenom kvapalnom chladive spôsobuje tzv. vrenie chladiva - značí výskyt plyného chladiva. Keď sa tento plyn (v Amerike nazývaný *flash gas*) objaví v kvapalinovom potrubí, spôsobuje hluk v expanznom ventile - nevyužíva sa dostatočne tryska expanzného ventilu a znižuje sa chladiaci výkon.

Predčasnej expanzii sa dá zabrániť viacerými spôsobmi. Kvapalinové potrubie sa dá zvoliť tak, že tlaková strata bude zodpovedať poklesu teploty o 0,6 K.

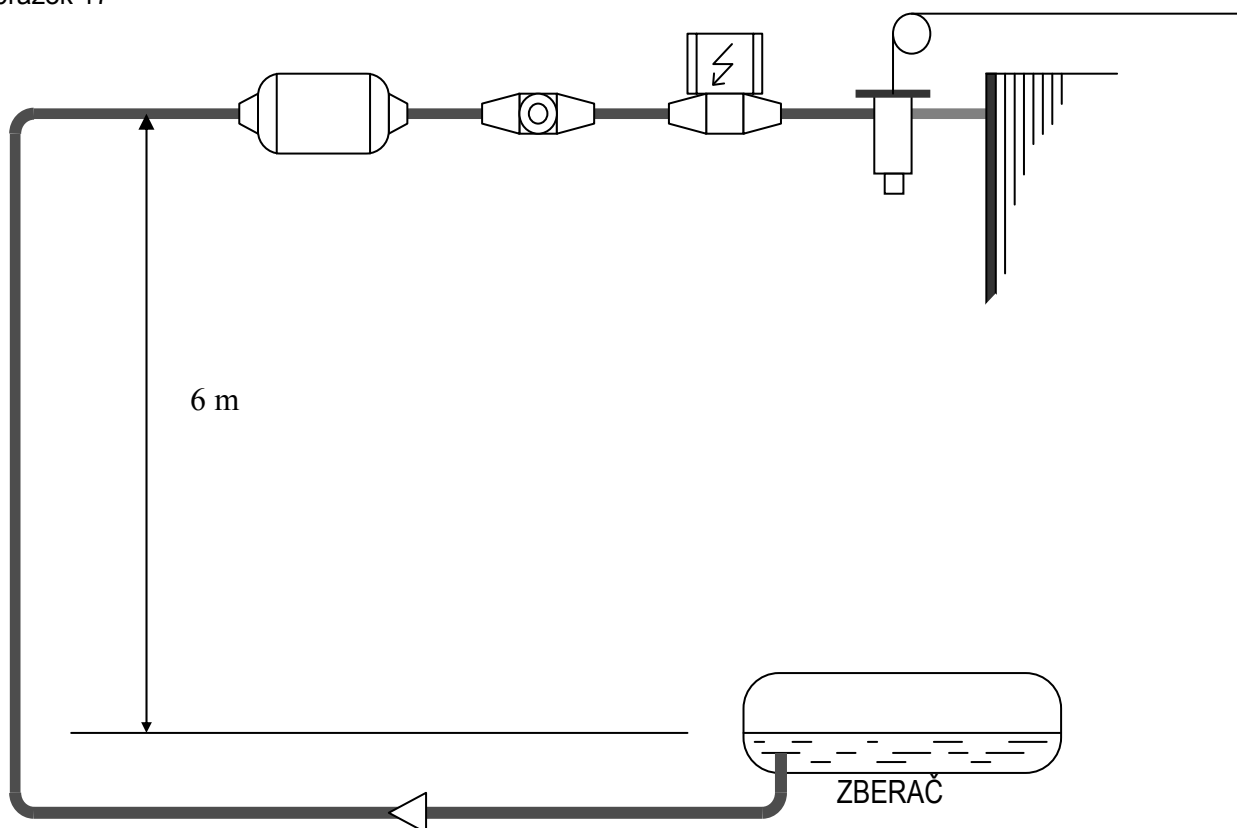
Predimenzovaním expanzného ventilu sa dá určitá časť plynu spracovať, ale pri prevádzke zariadenia na čiastočný výkon sa týmto spôsobom poruší regulácia - nie je to najlepšie riešenie.

Ďalšou metódou, ako zabrániť predčasnej expanzii je podchladenie kvapalného chladiva. Preto sú kondenzátory navrhované tak, aby umožňovali podchladenie kvapalného chladiva cca 2,5 K.

Na podchladenie kvapaliny sa v niektorých prípadoch môže použiť tepelný výmenník medzi sacím a kvapalinovým potrubím. Takéto výmenníky sa používali už dávnejšie, avšak jeho kapacita je ohraničená využitelnou tepelnou energiou saného plynu. Aj separátne chladiče na podchladenie kvapaliny napr. zabudované do kondenzátora alebo mimo neho sa niekedy používajú.

Tlaková strata v príslušenstve, ako napr. vo filterdehydrátore a pod. môže byť značná, čo bude mať za následok, že plyn vznikne krátko pred expanzným ventilom alebo priamo v ňom. Tomu sa dá jednoducho zabrániť použitím príslušenstva pre najbližší väčší priemer.

Obrázok 17



13.4.10 na výpočet odporučeného podchladenia (obrázok 17)

	bar
6 m výškový rozdiel	0,7
odpor potrubia	0,2
diely príslušenstva	0,2
	<u>1,1</u>

Aby sme mohli stanoviť želané podchladenie kvapliny, musíme najskôr určiť celkovú tlakovú stratu. Tento príklad opisuje typický systém R22 s výškovým rozdielom medzi zberačom a expanzným ventilom cca 6 m a kondenzačnej teplote $+46^{\circ}\text{C}$. Zvoľme tlakovú stratu v potrubí trením 0,2 bar a prídavnú tlakovú stratu v príslušenstve taktiež 0,2 bar.

Pri chladive R22 je tlaková strata spôsobená výškovým rozdielom 0,115 bar/1 m. Pre výškový rozdiel 6 m je to strata na tlaku cca 0,7 baru. Ak sčítame tieto tlakové straty - trením v potrubí, v príslušenstve a výškovým rozdielom, dostaneme spolu 1,1 bar.

Príklad na vypočítanie odporučeného podchladenia:

	Tlak (bar)	Teplota ($^{\circ}\text{C}$)
V zberači chladiva	17,62	+ 46
Tlaková strata	1,1	
Pri nástreku	16,52	+ 43
Odporučené podchladenie		3 K

Ak je známa tlaková strata v kvapalinovom potrubí, môžeme určiť želané podchladenie. Chladivo R22 má pri kondenzačnej teplote 46°C tlak zodpovedajúci 17,62 bar. Ak odčítame tlakovú stratu 1,1 bar ako je uvedené v príklade, dostaneme tlak $17,62 - 1,10 = 16,52$ bar, čomu zodpovedá teplota 43°C . Doporučené podchladenie kvapalného chladiva vypočítame odčítaním teplôt $46^{\circ}\text{C} - 43^{\circ}\text{C} = 3\text{ K}$.

Aby nenastala predčasná expanzia chladiva, je ho teda nutné podchladiť o 3 K.

13.5 Izolácia

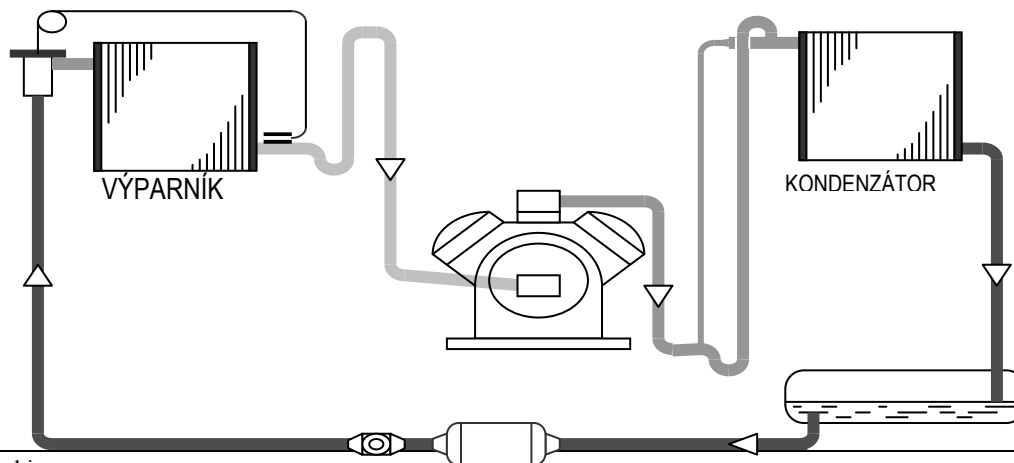
- Kvapalinové potrubie - len na horúcich miestach
- Vysokotlaké potrubie neizolovať
- Sacie potrubie - na zabránenie orosovania a nadmerného prenosu tepla

Kvapalinové potrubia sa za normálnych okolností neizolujú, s výnimkou tých miest kde je teplota okolia vyššia ako teplota kvapalného chladiva. To môže byť ten prípad, kedy je potrubie vystavené priamemu slnečnému žiareniu, alebo ak je potrubie vedené cez kotolňu alebo popri tepelnom výmenníku.

Vysokotlaké potrubia nie sú závislé od okolitej teploty a preto nepotrebujú žiadnu izoláciu.

Sacie potrubia majú byť izolované, aby sa zabránilo ich orosovaniu. Niekedy je predsa len dobré ohriatie sacieho potrubia, aby bolo odparené prípadne zbytkové kvapalné chladivo. Napriek tomu je treba zabrániť nadmernému ohriatiu sacieho potrubia. Izolácia sacieho potrubia má byť parotesná, a ak je potrubie vo vonkajšom prostredí, tak by mala byť odolná aj voči poveternostným vplyvom.

Obrázok 18



13.6 Celkový chladiaci okruh (obrázok 18)

V skutočnosti bude návrh chladivových potrubí závisieť na troch hlavných činiteľoch:

- *pokles tlaku,*
- *návrat oleja a*
- *ochrana kompresora.*

Obrázok znázorňuje niekoľko pravidiel, pomocou ktorých je možné potrubia navrhnuť.

V sacom potrubí sa nachádza tzv. olejový sifón, kvapalné chladivo a olej stečú čo možno najrýchlejšie od čidla termostatického exp. ventilu do toho vaku. Potrubie vedené až po hornú hranu výparníka zabraňuje tomu, aby pri zariadení v kľude nestekalo kvapalné chladivo ku kompresoru.

Aby sa zabránilo kvapalinovým rázom, nesmú byť vytvorené v ďalšej trase v sacom potrubí smerom ku kompresoru žiadne olejové vaky. Návratnosť oleja a tlaková strata sa môže regulovať správnym výberom priemeru rúrky.

Vo vysokotlakom potrubí sa nachádza sifón, ktorý zabraňuje počas zariadenia v kľude zaplaveniu hlavy valcov kompresora.

Dvojité stúpajúce potrubie na vysokotlaka strane má za úlohu:

- *dopraviť ďalej olej pri minimálnom výkone kompresora a*
- *umožniť prúdenie plynného chladiva bez výraznej tlakovej straty pri plnom výkone kompresora.*

Kondenzačné potrubie je zvolené v takom priemere, aby mohlo skvapalné chladivo prúdiť do zberača aj pri prúdení chladivových pár zo zberača do kondenzátora.

V kvapalinovom potrubí sú znázornené miesta inštalácie filtra a priezorníka.

Návratu oleja cez kvapalinové potrubie poväčšine nič nebráni. Pokles tlaku je možné udržať v rozumných medziach správnym dimenzovaním potrubia a príslušenstva.

Pre dimenzovanie jednotlivých úsekov je rozhodujúce:

- optimálna rýchlosť prúdenia daného chladiva príslušnou sekciou
- chladiaci výkon (*množstvo pretekajúceho chladiva*)
- smer prúdenia (*horizontálny či vertikálny*)
- členitosť siete a dĺžka jednotlivých častí
- priamy vstrek expandovaného chladiva do výparníka, alebo použitie rozdelovača.

Odporúčené hospodárne rýchlosti prúdenia pár chladív sú :

Hospodárne rýchlosti prúdenia v potrubíach m/s

Úsek potrubia	Optimálna rýchlosť prúdenia chladiva			
	NH3	R22	R134a	R404A
Výtlačné potrubie	16-25 m/s	10-15 m/s	10 –14 m/s	10 –15 m/s
Potrubie kondenzátu	< 0,3-0,5 m/s pre všetky chladivá			
Kvapalinové potrubie	< 0,4-0,8 m/s pre všetky chladivá			
Sacie potrubie	15-20 m/s	7-11 m/s	8-11 m/s	8-15 m/s

pričom vyššie uvádzané rýchlosti sú platné najmä pre zvislé časti potrubia, s vedomím väčšej tlakovej straty v týchto sekciách.

DIMENZOVANIE POTRUBIA

- *Nie je správne dimenzovať spojovacie potrubie podľa pripojovacích rozmerov kompresora.*
- *Príliš malé priemery rúrok vedú k príliš veľkým tlakovým stratám a tým ku stratám chladiaceho výkonu.*
- *Príliš veľké priemery rúrok predstavujú vyššie investičné náklady.*
- *Rozhodujúce pre vracanie sa oleja v sacom potrubí je dosiahnutie určitej rýchlosti chladiva.*
- *Podiel oleja v chladive v okruhu je 3-5 %. Olej sa v tesnom okruhu nešetrá, ale premiešťa.*

Q_o závisí od hmotnostného prietoku chladiva $\dot{m}$ a mernej chladivosti q_o :

$$Q_o = \frac{\dot{m} \cdot q_o}{3,6}$$

Q _o	-	chladiaci výkon	[W]
$\dot{m}$	-	hmotnostný prietok chladiva	[kg/h]
q _o	-	mernej chladivosti	[kJ/kg]
3,6 kJ/Wh		prepočítavací súčiniteľ	

Pritom je q_o rozdiel merných entalpií. Potom hmotnostný prietok chladiva:

$$m = \frac{Q_o \cdot 3,6}{q_o}$$

Hmotnostný prietok chladiva zostáva v celom chladiacom okruhu konštantný, vo forme pary i kvapaliny. Avšak podľa stavu, teploty a tlaku chladiva sa mení merný objem (*hustota*) a tým tiež objemový prietok chladiva. Hodnoty merných objemov sa dajú odpočítať pre jednotlivé stavy chladiva z diagramu $h - p$ alebo z parných tabuliek.

Objemový prietok V

- Vyplýva z hmotnostného prietoku a mernej objemovej hmotnosti:
 $V = m \cdot v = \text{kg/h} \cdot \text{m}^3/\text{kg} = \text{m}^3/\text{h}$
- Dá sa podľa rovnice kontinuity vyjadriť v závislosti od prierezu S a rýchlosti W :
 $V = S \cdot w \cdot 3600$ [m³/h]

- S - prierez potrubia [m²]
- w - rýchlosť prietoku [m/s]

Z objemového prietoku vyjadríme prierez S a z neho priemer potrubia $\varnothing$.

Tlakové straty

- Sú závislé od:
 - o Mernej hmotnosti, viskozity média,
 - o Rýchlosti média,
 - o Dĺžky a výškového rozdielu potrubia
 - o Prekážok, ohybov v potrubí
- Všeobecne tlakové straty by nemali prekročiť:
 - o V sacom potrubí: 0,15-0,3 bar
 - o Kvapalinové potrubie: 0,35 bar
 - o Výtlačné potrubie: 0,3 bar

Hydraulický výpočet

- Prietochné odpory majú vplyv na dimenzovanie potrubí, voľbu TEV a kompresora.
- Pri n -násobnom zvýšení prietoku sa:
 - o n -násobne zvýši prietochná rýchlosť,
 - o ale len $n^{0,5}$ až $n^{0,8}$ zvýšenie súčiniteľa a ,
 - o prietokové odpory sa zvýšia n^2 a
 - o príkony čerpadiel, ventilátorov n^3 krát.

Tlakové straty a TEV

POZOR na minimálne podchladenie:

- V pri tlakovej strate 2 bary v kvapalinovom potrubí je minimálne podchladenie 6 K (*teoretická hodnota*) inak by dochádzalo k varu chladiva k vzniku bublín ešte pred TEV
- *EEV môžu pracovať s menším rozdielom tlakov*

Zásady pre vedenie a upevňovanie potrubia

V zásade je možné potrubie viesť tromi základnými spôsobmi:

- o pod podlahou:
 - v pomocných rúrach
 - v kanáloch
- o po stenách,
- o pod stropmi.

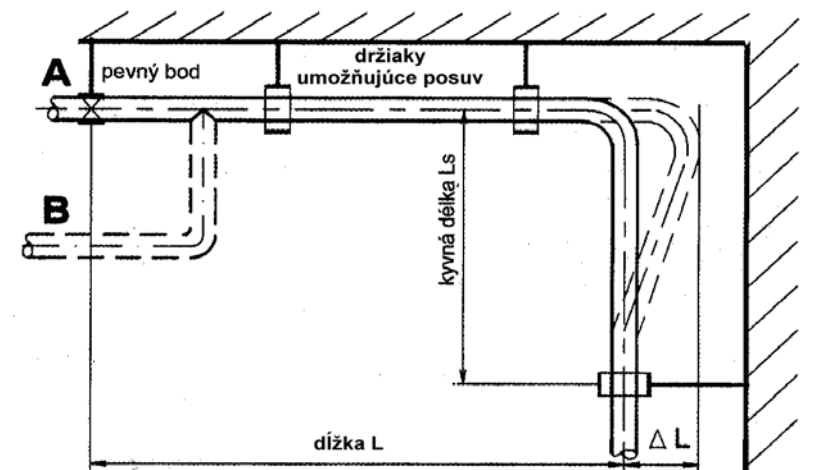
Dĺžková roztlačnosť

$$\Delta L = \lambda \cdot L \cdot \Delta T$$

Pri súčiniteli dĺžkovej roztlačnosti medzi 0,0165 mm/m/K a dĺžke potrubia 30m pri teplotnom rozdieli 50 °C pri reverzácii okruhu bude ?

$$\Delta L = 0,0165 \cdot 20 \cdot 50 = 16,5 \text{ mm}$$

To znamená, že potrubie sa predĺži o 1,65 cm.



Upevňovanie rúrok

- Sponami s gumenou vložkou
- Zamedziť kontaktu pozinkovaných spojov a medených rúriek
- Pozor na koróziu a rozťažnosť
- $\Delta L = \lambda \cdot L \cdot \Delta t$

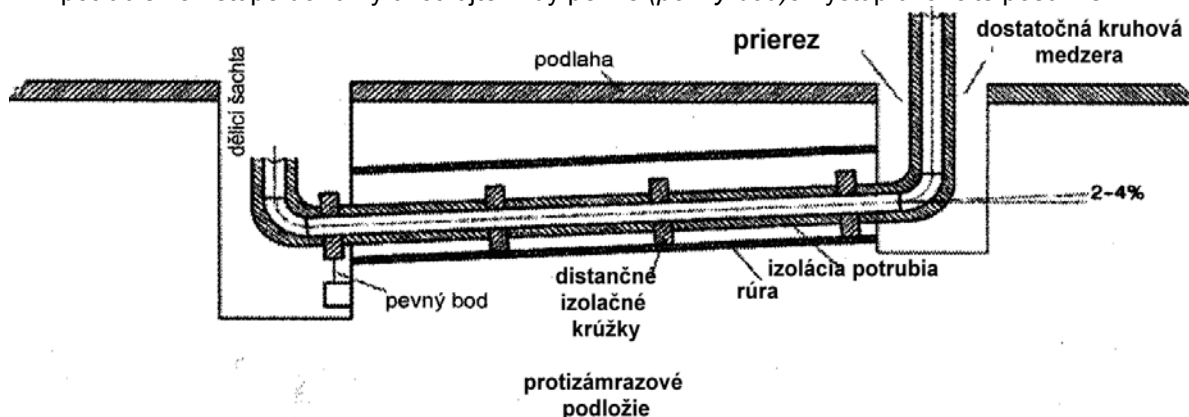
Vzdialenosti držiakov (platí pre podpery pri vodorovnom skladovaní rúrok) podľa EN 378-2

- Určovanie správnych miest pre pevné držiaky potrubia (*pevné body*) aj držiaky umožňujúce pozdĺžny posuv potrubia (*dilatáciu*) je rozhodujúce pre kompenzáciu teplotnej rozťažnosti príslušných úsekov potrubia,
- Pri rozmiestňovaní držiakov, umožňujúcich pozdĺžny posuv potrubia, zásadne dodržiavajte dostatočnú „kývnu“ dĺžku

Vonkajší priemer (mm)	Vzdialenosť držiakov a podpier
15-22 mm mäkké	2 m
22-54 mm polotvrdé	3 m
54-64 mm polotvrdé	4 m

Chladivové rúrky pod podlahami

- pomocné rúry kladte vždy so sklonom (*v smere prúdenie chladiva*) 2 až 4 %. To väčšinou postačuje aj k dostatočnému odvetrávaniu vnútorného priestoru,
- pokiaľ aj cez tieto opatrenia dôjde v pomocnej rúre k tvorbe kondenzátu, je nutné vnútorný priestor rúry odvetrávať prídavným ventilátorom,
- aby sa potrubie v rúrach neprehýbalo a nedochádzalo k poškodeniu izolácie už pri nasúvaní, používajte distančných izolačných krúžkov z tvrdej peny vzdialenými:
 - o pre potrubie do priemeru 28 mm vzdialenými 2 m,
 - o pre potrubie do priemeru 35 mm vzdialenými 4 m,
- potrubie na vstupe do rúry ukotvujte vždy pevne (*pevný bod*) a výstup ukončíte posuvne.



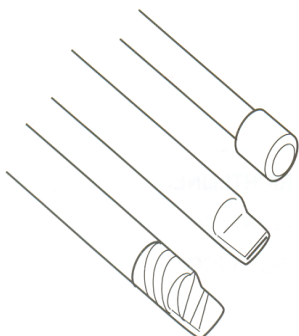
Montáž a výroba chladiaceho okruhu

Montáž sa zásadne líši, keď chladiaci okruh je zhotovený:

- **z nerozoberateľných spojov** (používajú sa vtedy len hermetické kompresory):
 - zváraných,
 - spájkovaných
- **z rozoberateľných spojov** (používajú sa vtedy hermetické a polohermetické kompresory):
 - kalíškových spojov v kombinácii s
 - nerozoberateľnými spojmami.
- **z prírubových, kalíškových spojov, prípadne nerozoberateľných spojov:** Používajú sa vtedy polohermetické a otvorené kompresory.

Chladivové rúrky

- V kotúčoch (aj s izoláciou) – mäkké do priemeru 22/1 mm, PS_{max} = 54 bar
- Rovné – tvrdé dĺžka do 5 m do f = 108/2,5 mm, PS_{max} = 27 bar
- Požiadavky:
 - o Ohýbanie, delenie, flérovanie, spájkovanie,
 - o Čistota,
 - o Odkyslíčené (vodíková nemoc – krehnutie pri spájkovaní)
- Po odrezaní rúrky sa zvyšok musí znovu uzatvoriť!!!



Obrázok Dodávané a skladované Cu - rúrky s uzavretými koncami

Legenda /zhora dolu/: rúrky uzavreté zátkami z plastickej látky, rúrky zalisované a zospájkované, rúrky zalisované a zapáskované.

Tabuľka 45 Najčastejšie používané priemery Cu rúrok v chladiacej technike

Vonkajší priemer x hrúbka steny mm	Vnútorný priemer mm	Voľný svetlý prierez m ²	Vnútorná povrchová plocha m ² / m	Vonkajšia povrchová plocha m ² / m	Pomer vonkajšej povrchovej plochy ku vnútornej povrchovej ploche	Objem na bežný meter dm ³ / m	Hmotnosť na bežný meter kg / m
6 x 1	4	0,0000126	0,0126	0,0188	1,5	0,0126	0,14
10 x 1	8	0,0000503	0,0251	0,0314	1,25	0,0503	0,252
12 x 1	10	0,0000785	0,0314	0,0377	1,2	0,0785	0,31
16 x 1	14	0,0001539	0,044	0,0503	1,14	0,1539	0,412
22 x 1	20	0,0003142	0,0628	0,0691	1,1	0,3142	0,59
28 x 1,5	25	0,0004909	0,0785	0,088	1,12	0,4909	1,12
35 x 1,5	32	0,0008042	0,1005	0,11	1,09	0,8042	1,42
42 x 1,5	39	0,0011946	0,1225	0,1319	1,08	1,1946	1,71
54 x 2	50	0,0019635	0,1571	0,1696	1,08	1,946	2,94
64 x 2	60	0,0028274	0,1885	0,2011	1,07	2,8274	3,467
76 x 2	72	0,0040715	0,2262	0,2388	1,06	4,0715	4,14

V rúrkach so zaklepnutými koncami nesmie byť viac vody, ako 50 mg/m² vnútornej plochy, obsahovať žiaden kondenzát. Cu rúrky sa prefukujú suchým dusíkom, alebo suchým vzduchom. Nikdy sa neprefukujú stlačeným vzduchom alebo ústami – lebo v oboch prípadoch je veľké množstvo vlhkosti.

Zásady pre vedenie rúrok

- pre montáž chladiacich okruhov používajte len dehydrovaných medených trubiek s pevne uzatvorenými koncami. Pri preberaní preto vždy skontrolujte, že konce trubiek sú uzatvorené (*zátkami alebo záklepmi*). Nikdy nie rúrky kúrenárske alebo vodovodné!!!
- vždy dodržiavajte zásadu, že konce trubiek majú zostať uzatvorené až do okamihu ich bezprostredného použitia. Je to prvý predpoklad minimalizovania prístupu vzduchu a vlhkosti k vnútorným povrchom trubiek,
- pre vykonanie dĺžkových úprav, ohybov lebo pred nasadením armatúr odstráňte všetky nečistoty (*odery, triesky a ostatné pevné nečistoty*),
- zabráňte oxidácii vnútorných povrchov trubiek pri spájkovaní.
- pre delenie (*skracovanie*) trubiek používajte zásadne rezačky,
- mimo rezu nikdy nepotierajte mazadlom.
- Špony, otrepy odstraňujte prednostne odhrotovačom, v krajných prípadoch škrabákom, zásadne však vždy v polohe rúrky rezom dolu,
- izolačné hadice navliekajte ešte pred montážou

ZVÁRANIE A SPÁJKOVANIE

Oproti zváraniu, pri ktorom sa základné materiály roztavia, pri spájkovaní sa roztaví len spájka, ktorá pokryje spojované časti, leguje ich, preniká medzi spojované časti s kapilárnym účinkom. Spájkovanie:

- Na mätko – 200-300°C bez okují, pri menšom namáhaní do f 35/1mm,
- Na tvrdo – 600-800°C. Pri teplote 700 °C med' v styku s O₂ tvorí okuje a preto je nutný preplach dusíkom

Výhradne pod ochrannou atmosférou

- Pri spájkovaní bez ochrannej atmosféry dochádza vždy k opalu medi a vzniku oksyločenej vrstvy aj na vnútornom povrchu rúrky.
- Táto je polyesterovými olejmi ľahko rozpúšťaná a roznášaná po okruhu. Následne potom zanáša filtre, trysky expanzných ventilov, usadzuje sa na sedlách priamo činných elektromagnetických ventilov alebo vo vodičkach ich jadier.
- To negatívne ovplyvňuje ich funkciu, jadra zostávajú „visieť“ a ventil sa neuzatvára.

Ochranná atmosféra

- Ako ochrannej atmosféry je možné používať:
 - o *technicky čistého dusíku*
 - o *zmesi dusíku a vodíku s podielom vodíka v rozmedzí od 5 do 10 %*
 - o *liehu.*
- Ako ideálna ochranná atmosféra je pre tieto prípady v poslednej dobe odporúčaná zmes dusíka a vodíka, najmä pre svoju schopnosť chemicky meniť oksyločenú med' späť na med' čistú,

Spájky

- Fosforečné: nie pre oceľové diely a potrubia vystavené chveniu, lámavé.
- Strieborné: odolávajú namáhaniu. S obsahom Ag stúpa cena.
- Kadmiové nie – spôsobujú rakovinu!!

Zásady pre spájkovanie

- používanie mäkkých spájok je pre spoje chladiaceho potrubia neprípustné,
- nikdy nepoužívajte spájok obsahujúcich zinok, alebo olovo. Tieto sú zakázané vo všetkých zariadeniach prichádzajúcich do styku s potravinami,
- prípustné sú len tvrdé spájky s obsahom striebra. Obsah striebra rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje taviace teplo spájky, schopnosť jej zatekania a samozrejme ovplyvňuje aj statickú a dynamickú pevnosť spájkovaného spoja. Spájky s obsahom striebra nižším ako 15 % sú pre tieto účely nevhodné,
- pre spoj vykonávaný tvrdým spájkovaním by špára medzi nasúvanými koncami mala byť cca 0,04 mm. Menšia špára nezaručuje dokonalé zatekanie spájky (*je nedostatočná pre kapilárne zatekanie*) a časom sa spoj stáva netesným. Pri väčšej špáre môžu naopak v spoji vzniknúť bublinky (*bunkre*),

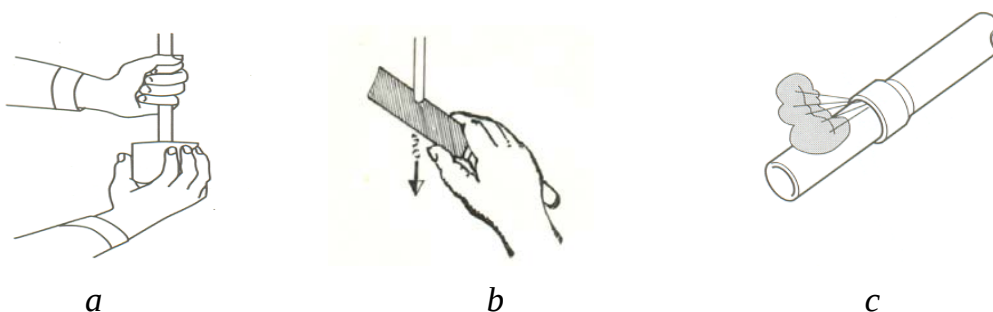
Spájky obsahujúce fosfor

Nepoužívajú sa na spoje potrubia kladeného:

- do kanálikov
- do rúr
- pod obslužné vitríny a pre jej vnútorné rúrkovanie

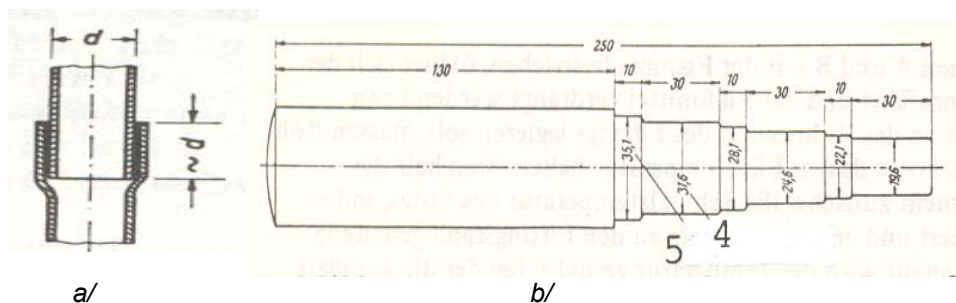
(V týchto priestoroch sa postupne hromadí atmosféra obsahujúca mimo iného aj sírne zlúčeniny, obsiahnuté v prostriedkoch používaných pre čistenie vnútorných priestorov týchto vitrín. Síra sa z týchto zlúčenín postupne uvoľňuje a rozpúšťa fosfor obsiahnutý v spájkach (takzvaná selektívna korózia). Skôr či neskôr potom dochádza k úniku chladiva. Pre tieto účely je napríklad vhodná spájka L-AG45 Sn)

Na spoje potrubia vedeného po stenách je možné používať aj strieborných spájkov obsahujúcich fosfor. Avšak ani pre tieto prípady nie sú vhodné spájky s obsahom striebra menším ako 15 %,



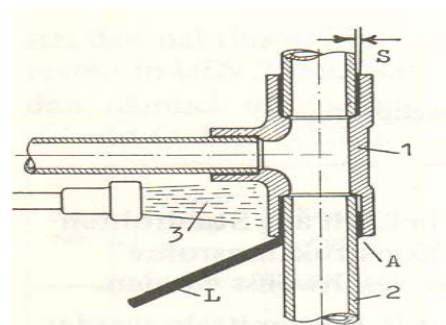
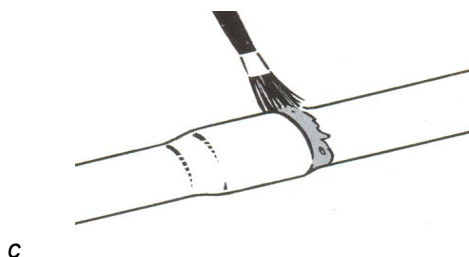
Obrázok 71 **Príprava a spájkovanie medených rúrok.** Legenda: a - odhrotovanie rúrok pred zvaraním pomocou odhrotovačky, b - odhrotovanie pomocou pilníka, pričom poloha rúrky je zvislá, takže piliny nezostávajú v rúrke, c - kvalitným spájkovaním sa vyhneme netesným spojeniu

Pri identifikácii chýb z hľadiska možných netesností, únikov chladiva a prisatia okolitého vzduchu do chladiaceho systému, hlavne, keď sací tlak je nižší ako atmosférický tlak, sa pristupuje k hodnoteniu, oprave a odstraňovaniu vlhkosti a iných nečistôt z chladiaceho okruhu.



Obrázok 72a **Spájkovanie medených rúrok rovnakého priemeru** rozháňaním priemeru jednej rúrky a spájkovanie rúrok rôzneho priemeru do uzla pomocou fittingu. Spájkuje sa na čisté, nezoxidované spájkovacie plochy. Vnútročné a vonkajšie plochy Cu rúrok sa čistia špeciálnymi kartáčmi. Spájkou s množstvom striebra 30% sa spájkujú materiály Cu-Cu a oceľ-med'. Legenda:

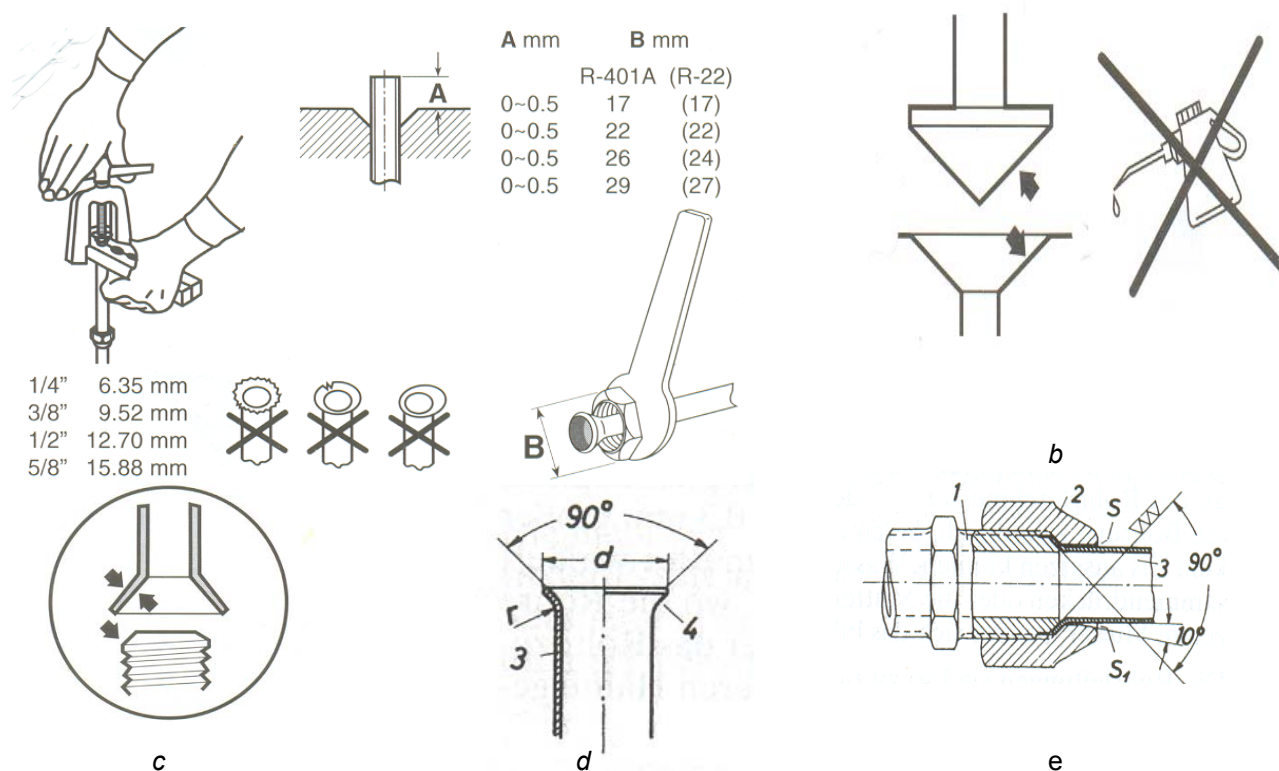
a - minimálny priemer zasunutia rúrky s priemerom d,
b - rozháňací trň pre priemery medených rúrok $\varphi=22 \times 1,5$, $\varphi=28 \times 1,5$ a $\varphi=35 \times 1,5$ mm, 4-strediaci priemer, 5- rozháňací priemer.



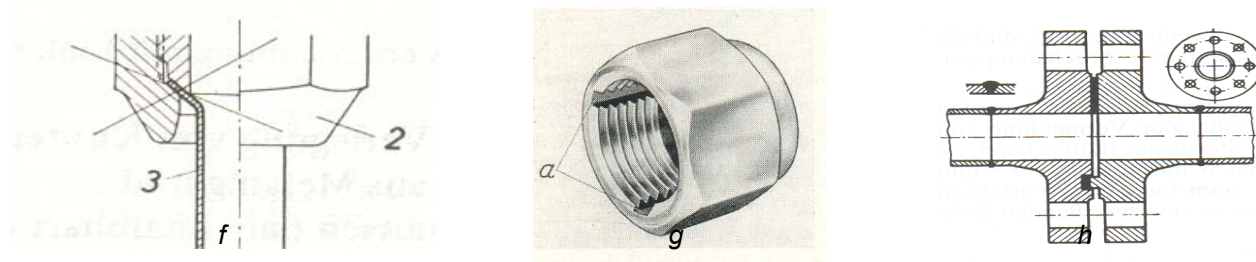
Obrázok 72b **Tavidlo a rozbočovací fitting**

c - nanášanie tavidla v tenkej vrstve pred spájkovaním okolo spájkovacieho miesta. Pre striebornú spájkovku je to špirit, alebo destilovaná /nevodivá/ voda

d:1 - rozbočovací fitting, 2 - Cu rúrka, 3 - plameň horáka, S - spájkovacia medzera, L - spájka,

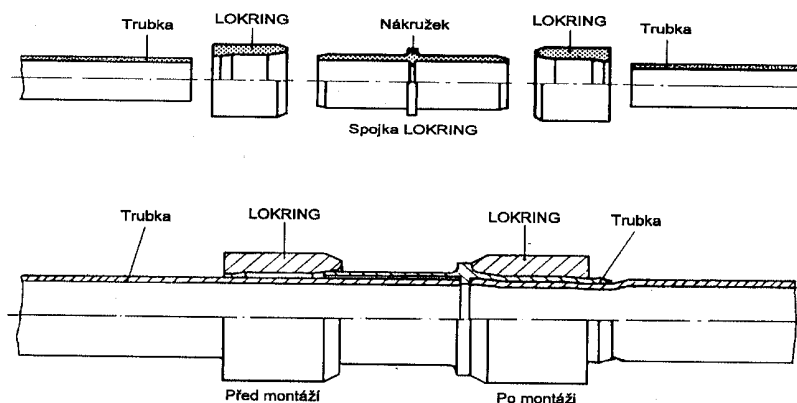


Obrázok 73a Rozoberateľné kalíškové /pertlovacie/ a prírubové spoje v chladiacich okruhoch. Legenda: a-zhotovenie kalíška /pertlu/ na medenej rúrke pomocou pertlovačky, b-pre zhotovenie pertlu sa na plochách pertlovačky nepoužíja minerálny olej, c-plochy pertlu na rúrke musia byť čisté, d-rúrkový kalíšok 4 /pertel/ na rúrke 3, e-skrutkový kalíškový rozoberateľný spoj s fittingom, ktorý má závit 1 a s prevlečnou maticou 2 /výkovok/, ktorá má 10°odľahčenie pre podnulové teploty s výskytom ľadu,



Obrázok 73b f-detail podobného spoja ako na obrázku e, g-prevlečná matica /výkovok/ pre podnulové teploty s drážkami rovnobežnými s osou matice pre možný výskyt ľadu, h-prírubový spoj /používa sa pre oceľové rúry/ s tesnením - v hornej časti: pre nadnulové teploty, v spodnej časti: pre podnulové teploty.

Lokring spojenie



13.7 Stručné zhrnutie

Všetky chladivové potrubia

- udržiavať spád v smere prúdenia (*min. 1 : 100*),
- zabrániť zbytočným vakom,
- zohľadniť chvenie a rozťažnosť.

Sacie potrubie

- tlaková strata v prijateľných medziach (*do 1,1K*),
- dodržať rýchlosť prúdenia potrebnú pre vracanie oleja,
- spád v smere prúdenia (*pomer 1 : 100*),
- sifón pred každým stúpaním,
- u stupačkových potrubí nad 4 m umiestňovať sifóny každé 3 m,
- výškové rozdiely prekonávať zásadne zvislo (*nikdy šikmo!*),
- zabrániť styku s vodovodným potrubím,
- u zariadenia s výkonovou reguláciou stupačkové potrubia deliť.

Výtlačné potrubie

- z výtaku kompresora najprv ohyb dole (*sifon – za kludu vracajúci olej nesteká do hlavy*),
- tlaková strata v prijateľných medziach (*do 1,1K*),
- u zariadenia s výkonovou reguláciou stupačkové potrubia deliť,
- vstup do kondenzátora zhotoviť zhora.

Kvapalinové potrubia

- realizovať s minimálnymi prietokovými odpormi,
- tlakovú stratu stupačiek eliminovať výmenníkom kvapalina – plynné chladivo,
- pozor na tvorbu plynových bublín tzv. „Flash gas“,
- správne dimenzovať príslušenstvo (*filter, priezorník atď.*).

Potrubie kondenzátu

- bohaté dimenzovať (*dvojfázové prúdenie*),
- viesť najkratšou možnou cestou s trvalým spádom ku zberaču,
- maximálna rýchlosť prúdenia do 0,5 m/s .

Automatizácia cirkulácie oleja

Zmes chladiva a oleja

Účelom oleja v chladiacom okruhu je mazanie kompresoru. S chladivom kompresor čerpá i určité množstvo oleja, a preto je olej rozptýlený po celom chladiacom okruhu. V každom mieste tvorí s kvapalným chladivom binárny systém, ktorého vlastnosti môžu byť veľmi rozmanité.

Niektoré chladivá sa s olejom miešajú v akomkoľvek pomere. Vo väčšine prípadov koncentrácie oleja v zmesi s chladivom závisia od teploty a tlaku. Sú chladivá, napr. R22 sa s olejom miešajú len v určitom rozpätí koncentrácie, a konečne chladivá, napr. amoniak, pohlcujú olej len úplne nepatrne.

Obecne je možné povedať, že s výnimkou rozpätia koncentrácií, v ktorých sa olej s chladivom nemieša, rastie vyparovací tlak zmesi koncentráciou chladiva a s teplotou v zmesi. V každom prípade pri určitom tlaku sa chladivo z tejto zmesi s olejom vyparuje pri vyššej teplote než chladivo samotné.

Každému ustálenému stavu chladiaceho okruhu zodpovedá určitá koncentrácia oleja v zmesi s kvapalným chladivom v kvapalinovej nádrži, vo výparníku a v skrini kompresoru.

Olej vo výparníku

O koncentracii oleja vo výparníku rozhoduje, okrem množstva oleja čerpaného kompresorom i konštrukcia výparníku. Jedným extrémom je suchý výparník, druhým výparník kotlový.

Pri prietoku chladiva suchým výparníkom koncentrácia oleja závisí od koncentrácie oleja v chladive prichádzajúcom zo zberača. Pri stálom vyparovacom tlaku rastie s koncentráciou oleja v zmesi s kvapalným chladivom vyparovacia teplota, takže z výparníku potom môže okrem pary, odchádzať i zmes kvapalného chladiva s olejom o nižšej teplote, než zodpovedá teplote chladeného priestoru.

Výparné teplo tejto zmesi chladiva a oleja je možné využiť vo výmenníku tepla k podchladeniu kvapalného chladiva pred expanzným ventilom. Cieľom však je, aby toto množstvo tepla a teda koncentrácia oleja v chladive, ktoré vstupuje do výparníku, bola čo najnižšie.

S koncentráciou oleja v zmesi s chladivom sa nielen zvyšuje vyparovacia teplota, ale zhoršuje sa súčiniteľ prestupu tepla z chladiva do steny výparníka, a preto je treba, aby vo výparníkoch bola koncentrácia oleja v chladive nízka.

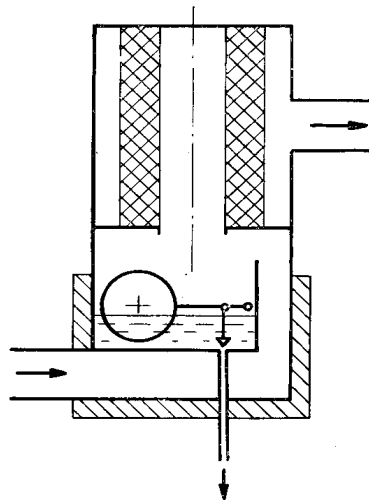
Z rúrkových zaplavených výparníkov odchádza olej do sacieho potrubia vo forme peny. Schopnosť vytvárať penu je funkciou fyzikálnych vlastností zmesi oleja s chladivom, priemeru rúriek a rýchlosti prúdenia. V každom konštrukčnom usporiadaní výparníku, v každých prevádzkových pomeroch sa vytvorí špecifický ustálený stav koncentrácie oleja v chladive, pri ktorom z výparníku odchádza práve množstvo oleja, ktoré sa do neho privádza zo zberača.

To isté však platí i pre kotlový výparník avšak medzi podmienky pre vznik peny patrí i dostatočná rýchlosť, s ktorou pary chladiva prechádzajú hladinou. Takže vhodných podmienok pre vznik peny v kotlových výparníkoch sa dosahuje aj pri prijateľnej koncentrácii oleja v chladive nľahko a preto sa olej odporúča odlúčiť za kompresorom.

Odlučovač oleja

Ako vyplýva z toho, čo bolo uvedené, základnou podmienkou pre udržiavanie nízkej koncentrácie oleja vo výparníku je malé množstvo oleja cirkulujúceho s chladivom v chladiacom okruhu. Pokiaľ nezaistuje prijateľné podmienky kompresor, je možné prečerpávaný olej vracat' do skrine kompresoru odlučovačom oleja.

Schéma veľmi účinného odlučovača oleja je na nasledujúcom obrázku. Chladivo sa pri kompresii značne prehreje, takže vo výtlačnom hrdle kompresoru je prečerpávaný olej v podstate bez chladiva a je rozptýlený vo forme hmlý a kvapiek rôznej veľkosti v prúde prehriatych pár chladiva.



Obrázok

Schéma odlučovača oleja

Táto zmes je vedená do priestoru dvojitého dna i tak udržiava na pomerne vysokej teplote. Spodná časť odlučovača je preto tepelne izolovaná. Odtiaľto zmes pary a oleja prúdi do odlučovacieho priestoru, ktorý je vybavený vrstvou vlákien v tvare medzikruhového valca. Sklenené vlákna pre tieto účely majú priemer rádovo μm , alebo sú i tenšie. Olej, ktorý sa v tejto vrstve zachytí, steká do nádoby, z ktorej je automaticky vypúšťaný plavákovým ventilom do skrine kompresoru. Aby z odlučovača odchádzala zmes oleja s čo najmenším množstvom chladiva, musí byť jeho teplota čo najvyššia. Preto odlučovač oleja musí byť umiestnený čo najbližšie za kompresorom. Ak je však prehriatie pár zvlášť vysoké, zvýši sa i množstvo oleja vo forme pary a to opäť účinnosť odlučovača znižuje.

Ak obsahuje olej vypúšťaný z odlučovača do skrine kompresoru nízkoteplotného zariadenia väčšie množstvo chladiva, jeho chladiaci výkon sa tým značne zníži. Ak sú periódy dlhé, kedy kompresor nebeží, môže teplota odlučovača klesnúť a olej, ktorý je v odlučovači, sa nasýti väčším množstvom chladiva. Do skrine kompresoru potom dosť dlho odchádza olej nasýtený chladivom. Preto sa odlučovače oleja niekedy vybavujú ohrevným telesom, do ktorého sa privádza elektrický prúd v čase, kedy kompresor nebeží, alebo sa do potrubia medzi odlučovačom oleja a kondenzátorom vkladá spätný ventil.

Priestor odlučovania menej náročných odlučovačov je miesto vláknaitej vrstvy vybavený sústavou deflegmačných plechov. Chýba ohrievací priestor nádoby na zhromažďovaný olej, jeho tepelná izolácia i elektrické ohrevné teleso. Mimo uvedeného účelu má odlučovač oleja význam i pre tlmenie hluku a tlakových pulzov, vyvolaných kompresorom.

Pump down a odvádzanie podielu kvapalného chladiva z výparníku

Vo výparníkoch, v ktorých chladivo môže vytvoriť hladinu, najmä ak pracuje s nízkymi teplotami, dochádza k hromadeniu oleja, i keď jeho množstvo, prichádzajúce s kvapalným chladivom je malé. Tomu je možné zabrániť tzv. systém pump-down:

Podiel zmesi a oleja, ktorý je vpúšťaný do výparníka v kvapalnom stave, preteká elektromagnetickým ventilom a termostatickým expanzným ventilom. Elektromagnetický ventil dostáva prúd súčasne s elektromotorom kompresoru a znemožňuje zaplavenie výparníka a sacieho potrubia kvapalným chladivom v období, kedy kompresor nebeží.

Na odvádzanie podielu kvapalného chladiva z výparníku sa zväčšuje tlakový rozdiel, s ktorým pracuje termostatický expanzný ventil, ktorý je veľmi malý. Je daný hydrostatickou výškou chladiva vo výparníku, prietokovým odporom sacieho potrubia medzi výparníkom a zaústením potrubia od výmenníku tepla. Tento tlakový rozdiel je možné zväčšiť ejektorom umiestneným v sacom potrubí.

Aby sa z výparníka odvieďlo čo najviac oleja, chladivo sa odvádzajú z miest, kde je koncentrácia oleja najväčšia. Vo výparníkoch amoniakových je to najnižšie miesto, vo výparníkoch na R22 z miesta v blízkosti hladiny chladiva.

Olej v skrini kompresora

Ustálený stav koncentrácie chladiva v olej v skrini kompresora však zodpovedá teplote a tlaku. S reguláciou výkonu kompresoru sú však spojené prechodové zmeny koncentrácie oleja v skrini kompresoru.

Ak prudko klesne po spustení kompresoru behom niekoľkých sekúnd tlak v skrini kompresoru koncentrácia chladiva v oleji behom tejto doby tiež prudko klesne. Množstvo chladiva, zodpovedajúceho zmene koncentrácie sa v tejto krátkej dobe vylúči vo forme pary a s olejom vytvorí penu. Objem zmesi mnohokrát vzrastie a pena nielen vyplní celý priestor skrine kompresoru, ale je i prečerpávaná na výtlačnú stranu. Nezriedka sú sprievodným javom i kvapalinové razy vo valcoch kompresoru.

Ak je kompresor vybavený tlakovým mazaním, olejové čerpadlo nemôže nasávať zmes oleja s veľkým obsahom pary potom kompresor nie je mazaný. Po určitej dobe dôjde k vylúčeniu bublín pary z oleja a tlakové mazanie sa môže obnoviť. Ak nie je kompresor opatrený istením tlakového mazania, môže sa zatiaľ poškodiť. Množstvo oleja v skrini kompresoru sa však značne zmenšilo a doba, než sa olej kompresorom zo skrine odčerpaný vráti z chladiaceho okruhu späť, môže byť veľmi dlhá.

Koncentrácia oleja v kvapalinovej nádrži zatiaľ totiž vzrástla a do výparníku bude prichádzať chladivo s vyššou koncentráciou oleja. Čím väčšie množstvo chladiva bude v zberači a vo výparníku, tým dlhšie bude trvať, než nastane pôvodný ustálený stav množstva oleja v skrini kompresoru. Ak má kompresor rozstrekovacie mazanie, môže sa zatiaľ pre nedostatok oleja v skrini zadrieť.

Udržovanie stavu oleja v skrini kompresoru

Uvedený príklad ukázal, že príčinou rýchleho vývinu peny v skrini kompresoru bol pokles teploty, kedy kompresor nebežal, a rýchla zmena tlaku po jeho rozbehu. Zabrániť vývinu peny je možné tak, že sa neumožní nasýtenie oleja v skrini kompresoru v období kľudu zvýšenou teplotou oleja, tak aby množstvo peny kompresor neohrozilo. To je možné nasledujúcimi spôsobmi:

1. Udržaním dostatočnej teploty oleja v skrini kompresoru elektrickým ohrevným telesom, ktoré je zasunuté do objímky v olejovej vane, alebo je pripnuté k jej dnu. Do tohto ohrevného telesa sa vedie prúd cez kontakty termostatu, ktorého senzor je na skrini alebo k olejovej vane kompresoru.
2. Tam, kde kompresor nie je vystavený extrémnym teplotným rozdielom, dobre vyhovie jednoduchšie usporiadanie. Do ohrevného telesa sa zavádza prúd po celú dobu, kedy kompresor nebeží. Ohrevné teleso sa v letnom období, kedy nehrozí presýtenie oleja chladivom v skrini kompresoru, odpojí.
3. Iné riešenie spočíva v tom, že sa odstráni zdroj, z ktorého by sa mohol olej v skrini kompresoru sýtiť chladivom v období, kedy kompresor nebeží. Ak je teplota chladeného priestoru riadená priestorovým termostatom, tento termostat uzatvára elektromagnetický ventil umiestnený medzi zberačom na chladivo a výparníkom. Beh kompresoru sa zastaví presostatom, nastavením na pomerne nízky tlak. Tým sa z výparníku odsaje chladivo, ktoré by mohlo kondenzovať v skrini kompresoru a zvýšiť koncentráciu chladiva v oleji. Ak prenikne chladivo netesnosťou ventilov kompresoru alebo netesnosťou elektromagnetického ventilu na nízkotlakovej strane, presostat spustí beh kompresoru na dobu nutnú k odsatiu tohto chladiva. V prípade, že priestorový termostat otvorí elektromagnetický ventil, do výparníku prenikne expanzným ventilom chladivo, tlak na nízkotlakovej strane okruhu stúpne a presostat spustí beh kompresoru.

Netesné výtlačné ventily, najmä viacvalcového kompresoru môžu spôsobiť, že cykly spustenia a zastavovania kompresoru môžu byť veľmi krátke. Potom pomôže montáž spätného ventilu do výtlačného potrubia.

Úplné odsatie výparníku môže mať za následok zväčšenie teplotnej diferencie chladeného priestoru. Je to tým, že vyparovanie vo výparníku pri takto riadenom behu kompresoru nekončí s vypnutím priestorového termostatu a ani sa s jeho zapnutím nezačína. Preto tento spôsob ochrany kompresoru je možné použiť len tam, kde tepelná kapacita výparníku je v porovnaní s tepelnou kapacitou chladeného priestoru malá, alebo tam, kde sa na veľkosť teplotnej diferencie chladeného prostredia nekladú veľké nároky.

Použitá literatúra :

Vilém Polák: Automatizace chladících zařízení. SNTL 1983

Ivan Kaluža, Ing. Jozef Vančo: Chladivové potrubia, MZ Technik, 1999.

Kolektív Carrier: Základy chladiacej techniky. Školiace texty.

Kolektív Aero Tech: Inštalácia - inštalačný manuál.

Ing. Zdeněk Fencl: Medené potrubie v chladiacej technike. Správy SZ CHKT 2/1996