



Министерство за животна средина
и просторно планирање



Канцеларија за заштита
на озонската обвивка

Добра сервисна практика во системите на ладење и климатизација

ПРИРАЧНИК



Септември, 2016 година



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

Multilateral Fund
for the Implementation of the Montreal Protocol

Овој прирачник е наменет за обука на сервисерите на ладилна техника. Тој е изработен од страна на Министерството за животна средина и просторно планирање / Канцеларија за заштита на озонската обвивка во рамките на имплементацијата на Планот за елиминација на HCFC, како надградба на постоечките материјали за обука.

При изработката на овој прирачник се користени следниве документи:

1. Good Practices in Refrigeration, GIZ, Proklima, 2010.
2. Good Practices in Installation and Servicing of Room Air-conditioners, Refrigeration and Air-Conditioning (RAC) Technical Handbook, GIZ, Proklima, 2013.
3. Safety issues related to the use of alternative refrigerants and technologies to replace HCFCs in the refrigeration and air-conditioning sector in developing countries, UNEP DTIE safety booklet, 2015.
4. Bundesfachschule Kälte Klima Technick lectures, 2015.
5. European standard EN378-1:2007.
6. ASHRAE Standard 34.
7. A Brief History of refrigeration, International Institute of Refrigeration.
8. Прирачник за сервиси по ладилна техника, Министерство за животна средина и просторно планирање / Канцеларија за заштита на озонската обвивка (2006).
9. Прирачник за елиминација на HCFC ладилни средства, Министерство за животна средина и просторно планирање / Канцеларија за заштита на озонската обвивка (2011).
10. Развлични публикации и каталоги од областа на ладилната техника.

СОДРЖИНА

1. Основни елементи на ладилната техника	1
1.1 Историја на ладилната техника	1
1.2 Ладилни системи	2
1.3 Парно компресионен ладилен циклус	2
1.4 Компоненти на системите за ладење и климатизација	7
1.5 Заштитини компоненти на системите за ладење и климатизација	14
1.6 Опрема и алатки кои се користат при сервисирање и инсталирање на системите за ладење и климатизација	15
2. Добра сервисна практика	23
2.1 Извлекување - одстранување на средството за ладење од системите за ладење или климатизација	24
2.1.1 Основни безбедносни совети за ракување со средствата за ладење	25
2.1.2 Методи за извлекување на средството за ладење (Recovery)	27
2.1.3 Извлекување на средството за ладење во гасна фаза	29
2.1.4 Извлекување на средството за ладење во течна фаза	30
2.1.5 Извлекување на средството за ладење со методата „Push-Pull“ ..	31
2.1.6 Извлекување на средството за ладење од мобилен уред за климатизација	32
2.2 Рециклирање на средствата за ладење (Recycling)	33
2.2.1 Рециклирање во еден премин	33
2.2.2 Повеќекратно рециклирање	34
2.3 Репроцесирање - обновување на средството за ладење (Reclaim)	35
2.4 Повторна употреба на средствата за ладење	36
2.5 Сервисирање на опрема што содржи средства за ладење	38
2.6 Промена на средството за ладење во системите за ладење и климатизација	40
2.7 Безбедносни мерки при сервисирање на опрема што содржи средства за ладење	44
3. Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација	45
3.1 Геометрија на истекување - влијание на разликата во притисоци и вискозноста	45

СОДРЖИНА

3.2 Критични места каде што настануваат истекувања	47
3.3 Испитување на заптивноста (непропустливост), вакумирање и полнење на системите за ладење и климатизација	49
3.3.1 Испитување на системот под притисок	50
3.3.2 Вакумирање на системот	51
3.3.3 Полнење на системот со средство за ладење	52
3.4 Проверка на истекување	54
3.4.1 Технички задолжителна сервисна обврска	54
3.4.2 Законска обврска	56
4. Цевки и типови на врски во системите за ладење и климатизација	59
4.1 Бакарни цевки	59
4.2 Начини на сечење на бакарните цевки	61
4.3 Начини на виткање на бакарните цевки	65
4.3.1 Опасности при виткање на цевките	66
4.3.2 Рамов притисен рачен виткач	67
4.3.3 Пружини за виткање	68
4.3.4 Рачен виткач	69
4.4 Начини на спојување на бакарните цевки	70
4.4.1 Раздвојлив тип на поврзување - холендерска врска	70
4.4.2 Фитинг за холендерски тип на врска	74
4.4.3 Нераздвојлив тип на поврзување - меко и тврдо лемење	74
5. Средства за ладење	82
5.1 Поделба и означување на средствата за ладење	82
5.2 Повеќе компонентни средства за ладење - мешавини	85
5.3 Класификација на средствата за ладење во сигурносни групи	86
5.4 Најчесто применувани ладилни средства во системите за ладење и климатизација	87
5.4.1 Пропанот како средство за ладење - R290	89
5.4.2 CO ₂ како средство за ладење - R744	90
5.4.3 Амонијак како средство за ладење - R717	93
5.4.4 Изобутан како средство за ладење - R600a	94
5.4.5 HFC средства за ладење (Ф - гасови)	95
5.5 Масла за подмачкување	96
5.6 Безбедносни аспекти при користење на природни и HC средства за ладење	97

СОДРЖИНА

6. АНЕКСИ	108
АНЕКС А - Молиерови дијаграми за најчесто користените средства за ладење ..	108
АНЕКС Б - Класификација на системите според типот на системот и просторната заштитеност	118
АНЕКС В - Означување на средствата за ладење според EN378-1:2007	124

1. Основни елементи на системите за ладење и климатизација

1.1. Историја на ладилната техника

Природен мраз

Уште пред многу векови старите Египќани го користеле природниот мраз за ладење на своите производи. Природниот мраз бил користен многу векови сé до почетокот на 20 век.

- Ладилни мешавини

Ефектот на ладење со додавање на одредени соли во водата, без сомнение, е откриен случајно, и арапскиот писател Ибн Аби Усаибиа (Ibn Abi Usaibia), за првпат ја споменува употребата на овие мешавини уште во 4 век. Италијанскиот физичар Зимара (Zimara) зборува за ладење на вода со натриумнитрат уште во 1530 година, а шпанскиот физичар Блас Вилафранка (Blas Villafranca) споменува слични особини во 1550 година. Подоцна се вршат и истражувања дека при мешање на снег со одредени соли се постигнуваат пониски температури. Овој феномен е описан од Батиста Порта (Battista Porta) во 1589 година и од Танкредо (Tancredo) во 1607 година.

- Пионери во истражувањата

Во 17 век почнуваат посериозни истражувања за греенето и за ладењето од страна на истакнати научници и филозофи како што се Роберт Бојл (Robert Boyle 1627 – 1691 година) во Англија и Михаил Ломоносов (Mikhail Lomonosov 1711 – 1765 година) во Русија. Во истиот период, следејќи ги почетните Галилееви истражувања, многу познати научници вршат истражувања во овој правец меѓу кои се Џулијан Амонтос (Guillaume Amontos 1663 – 1763) во Франција, Исак Нютон (Isaac Newton 1642 – 1727) во Англија, Даниел Фаренхайт (Daniel Fahrenheit 1686 – 1736), Германец кој работел во Холандија и Англија, Рене Деремур (René de Réaumur 1683 – 1757) во Франција и Швеѓанецот Андерс Целзиус (Anders Celsius 1701 – 1744 год.), кој ја воспоставил целзусиовата температурна скала во Шведска во 1742 година.

Вилиам Кулен (William Cullen 1710 – 1790 год.) забележал дека при испарувањето на етилетеर доаѓа до опаѓање на температурата. Во 1755 година, тој успева да добие мала количина мраз испарувајќи вода под стаклено звено. Неговиот ученик и наследник Јосеф Блек од Шкотска, (Joseph Black 1728 – 1799 год.) ги појаснува и ги дефинира поимите за топлина и за температура и може да се смета за основоположник на калориметријата.

Истражувањата вршени од страна на Шкотланѓанецот Џемс Ват (James Watt 1736 – 1819 год.) на парна машина, истражувањата на гасовите од страна на физичарот Бојл (Boyle) во Англија, Едм Мариот (Edme Mariotte 1620 – 1684), потоа Џекс Чарлс (Jacques Charles 1746 – 1823) и Луис Јозеф Гај Лисак (Louis Joseph Gay-Lussac 1778 – 1850, во Франција), како и експерименталните истражувања и обиди на американецот Бенџамин Томсон (Benjamin Thomson 1753 – 1814 год.), го отворија патот за развој и ги воспоставија темелите на термодинамиката. Французинот Сади Карнот (Sadi Carnot 1796 – 1832 год.) е првиот кој влезе во центарот на вниманието кога во 1824 година ја отпечати својата теза, која стана почетна точка на вториот закон на термодинамиката.

Во 19 век има експанзија на истражувања посветени на различни ладилни системи и подем во развивањето на термодинамиката како научна дисциплина, пред сé благодарение на неколку истакнати научници и физичари како Џемс Прескот Џул (James Prescott Joule 1818 – 1889 год.) во Англија, Џулиус вон Маер (Julius von Mayer

1814 – 1878 год.), Херман вон Хелмхолтц (Herman von Helmholtz 1821 – 1894 год.) и Рудолф Клаусиус (Rudolph Clausius 1822 – 1888 год.) во Германија, Лудвиг Болтцман (Ludwig Boltzmann 1844 – 1906 год.) во Австрија и Вилијам Томсон (Лорд Келвин, William Thomson 1824 – 1907 год.) во Англија.

1.2. Ладилни системи

Ладилните системи можат да се поделат во две главни категории:

- ✓ Механички ладилни системи – системи за кои е потребна механичка енергија или нејзин еквивалент за да можат да функционираат.
- ✓ Термички ладилни системи – системи за кои е потребна топлинска енергија за да можат да функционираат.

Механичките ладилни системи можат да се поделат на:

▶ Парно-компресионен систем за ладење – најшироко применуван систем за ладење.

▶ Ладилни системи кои користат гасен циклус – кај овие системи работниот медиум не минува низ фазна промена на агрегатната состојба (течност – гас), туку останува во гасна фаза цело време. Компримиранот гас се загрева, потоа се лади под притисок на амбиентната температура, потоа експандира, што доведува до ладење. Овие системи наоѓаат примена во криогените системи.

Термичките ладилни системи можат да се поделат на:

- Абсорпциони ладилни системи – овие системи се многу помалку раширени во механичките ладилни системи, но се единствени термални системи кај кои има определен степен на развој. Се користат во индустриски сектори каде што има големи количини на отпадна топлина, како на пример термоцентрали, рафинерии и сл. Најшироко распространети комбинации на средство за ладење / абсорбер се вода / литиум бромид и амонијак / вода.
- адсорпциони или термо-хемиски системи
- ејекторски системи

Во овој прирачник детално ќе бидат разработени механичките ладилни системи, односно парно-компресиониот систем за ладење како најраспространет и најкористен систем за ладење и климатизација.

1.3. Парно-компресионен ладилен циклус

➤ Историјат

Американецот Оливер Еванс (Oliver Evans 1755 – 1819) е првиот кој го опишува овој циклус во 1805 година. Но, сепак, Американецот Јакоб Перкинс (Jacob Perkins 1766 – 1849) кој работел во Англија е првиот кој патентира машина што работи на овој принцип во 1835 година. Машината како средство за ладење користи етилетер. Првите компресиони машини што успешно се користат во индустриската се развиени од Џејмс

Харисон (James Harrison 1816 – 1893), Шкотланѓанец кој емигриал во Австралија. Харисон ги патентирал своите изуми во 1855, во 1856 и во 1857 година. Харисон ги произведува своите машини во Англија и тие се користат за производство на мраз или на ладилна течност (секундарно средство за ладење). Средството за ладење е повторно етилете.

Во тој период почнуваат да се појавуваат и други средства за ладење и тоа:

- диметилетер, Французинот Чарлс Телиер (Charles Tellier 1828 – 1913) го воведува како средство за ладење.

- јаглероддиоксид (CO_2), почнува да го користи Американецот Тадеус Лов (Thaddeus Lowe 1832 – 1913). Во определен временски интервал ова средство за ладење беше запоставено, но денес сé повеќе почнува да се применува.

- амонијак (NH_3), за првпат е разгледуван од Телиер (Tellier) во 1862 година, но, сепак, Американецот Давид Бојл (David Boyle 1837 – 1891) и, пред сé, великанот, Германецот Карл вон Линде (Carl von Linde 1842 – 1934) се првите кои го користат и воведуваат амонијакот како средство за ладење во индустријата. Ова средство за ладење никогаш не престанало да се користи.

- сулфур диоксид (SO_2), првпат е употребен од швајцарскиот физичар Раул Пјер Пиктет (Raoul Pierre Pictet 1846 – 1929) и паѓа во заборав пред Втората светска војна.

- метилхлорид (CH_3Cl), првпат воведен од Французинот Винсент (C. Vincent) во 1878 година, и останал да се користи до 1960 година.

- флуоројаглеродни средства за ладење – развиени се како сигурни и нетоксични средства за ладење, според истражувањата на Свартс (Swarts 1893 – 1907) во Гент, и американскиот тим на Фригидайр корпорацијата (Frigidaire Corporation) предводени од Томас Мидгли (Thomas Midgley) кои го развиваат првото флуоројаглеродно средство за ладење во 1930 година. Првото CFC средство за ладење R12 (CF_2Cl_2) се појавува на пазарот во 1931 година, потоа следи првото HCFC средство за ладење R22 (CHF_2Cl) во 1934 година, за во 1961 година да се појави првата азеотропна мешавина R502 (R22/R115).

Во 1974 година, двајца добитници на Нобеловата награда, Американците Ф. С. Роуланд (F. S. Rowland) и М. Џ. Молина (M. J. Molina) објавуваат загрижувачки сознанија. Тие, всушност, објавуваат дека молекулата на хлорот ослободена од халогениот јаглеводород предизвикува осиромашување на озонската обвивка. Заради тоа, со Монтреалскиот протокол од 1987 година се предвидува елиминација на средствата што ја осиромашуваат озонската обвивка (ODS)¹. Тоа подразбира елиминација најпрвин на CFC средствата за ладење, кои се веќе забранети и HCFC средствата за ладење, кои во моментов се во фаза на елиминација (се забранети во развиените земји). Други халогени, но нехлорирани супстанции, кои во моментов се во широка употреба, се познати под името HFC средства за ладење. Иако овие средства се познати како пријатели на озонот², затоа што не ја осиромашуваат озонската обвивка, сепак, тие имаат и високи потенцијли за глобално затоплување (GWP³). Заради тоа се очекува овие средства за ладење да бидат следни на листата за елиминација. Ова предизвикува тренд на враќање на старите и добро познати природни

¹ Ozone depleting substances.

²Ozone friendly.

³Global Warming Potential

средства за ладење како амонијакот, јаглероддиоксидот, јаглероводородите и водата. Развојот на ладилната техника, во смисла на развој на компоненти и на опрема, во моментов се движи во насока на поширока примена на јаглеводородите и на природните средства за ладење.

➤ *Принцип на работа на парно-компресионен систем за ладење и климатизација*

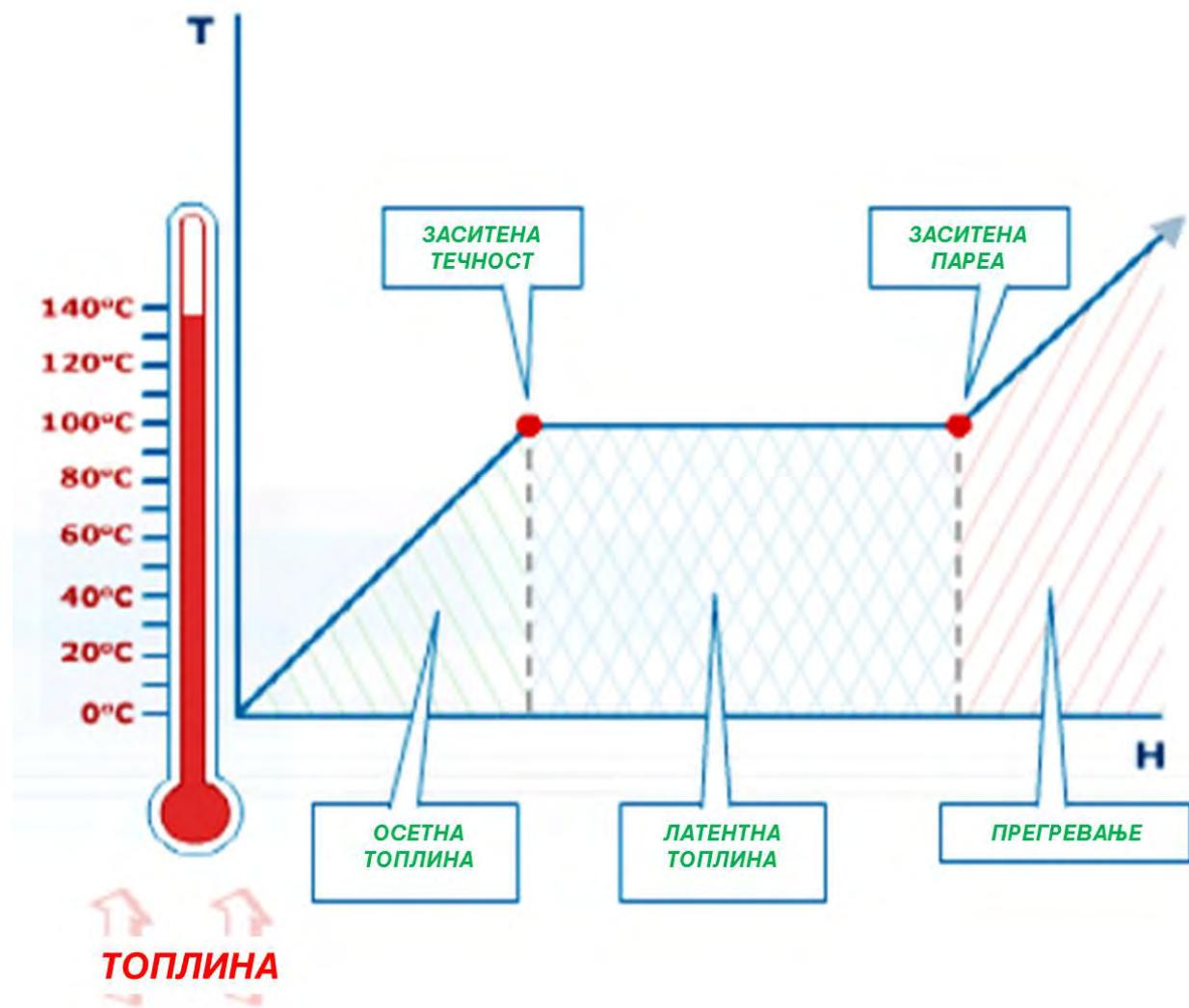
Средството за ладење во еден парно-компресионен циклус постојано се компримира, втечнува (кондензира), експандира и испарува во еден затворен круг овозможувајќи соодветни услови за пренос на топлина. Секој парно-компресионен ладилен циклус се состои од 4 основни компоненти:

- ✓ Компресор
- ✓ Кондензатор
- ✓ Експанзионен уред
- ✓ Испарувач



Слика 1: Шема на ладилен систем.

Разбирањето на поимите како осетна топлина, латента топлина и прегревање е од суштинско значење за разбирање на самиот процес на пренос на топлина. За полесно објаснување на овие поими ќе ја искористиме водата како медиум и нејзините промени прикажани во дијаграмот температура-енталпија. Температурата е изразена во $^{\circ}\text{C}$, а енталпијата (содржината на топлина при константен притисок) е изразена во kJ/kg .



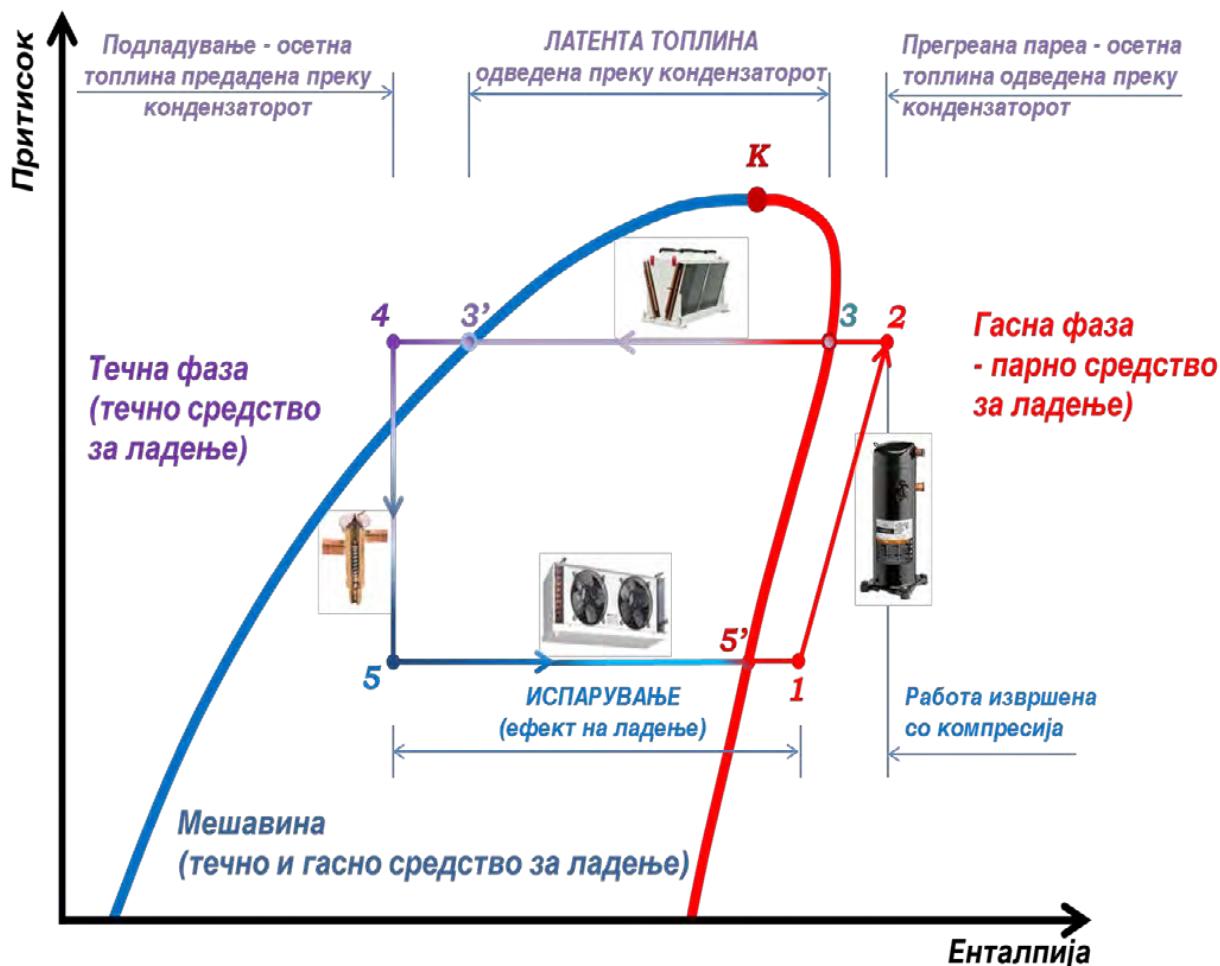
Слика 2: Дијаграм температура / енталпија за вода.

Ако почнеме да ја загреваме водата од температура 0°C , со додавањето топлина имаме промена и на количеството на топлина и на температурата сé додека не постигнеме температура од 100°C , при нормален атмосферски притисок. Топлинската енергија додадена за време на овој процес се нарекува осетна топлина.

Во оваа точка имаме заситена течност (течна фаза). Ако продолжиме да додаваме топлина, заситената течност ќе почне да ја менува својата агрегатна состојба од течност во пареа (газ). Оваа фазна промена се нарекува испарување. Во текот на овој процес имаме зголемување на количеството топлина, но температурата останува константна, сé додека не испари и последната капка течност. Топлинската енергија додадена при овој процес се нарекува латентна топлина при испарување.

Кога целата течност е испарена, добиваме заситена пареа. Ако продолжиме да додаваме топлина повторно и количеството на топлина и температурата ќе се менуваат. Оваа додадена топлинска енергија за време на ваквиот процес се нарекува прегревање. Прегревањето, значи, се врши на секоја температура над температурата на испарување, во случајот со водата при атмосферски притисок од 1 бар – тоа е температура поголема од 100°C .

За да ги прикажеме овие процеси на промена на фазите на средството за ладење во еден парно-компресионен ладилен циклус, на сликата подолу е прикажан ладилниот процес во Молиеров дијаграм (притисок / енталпија).

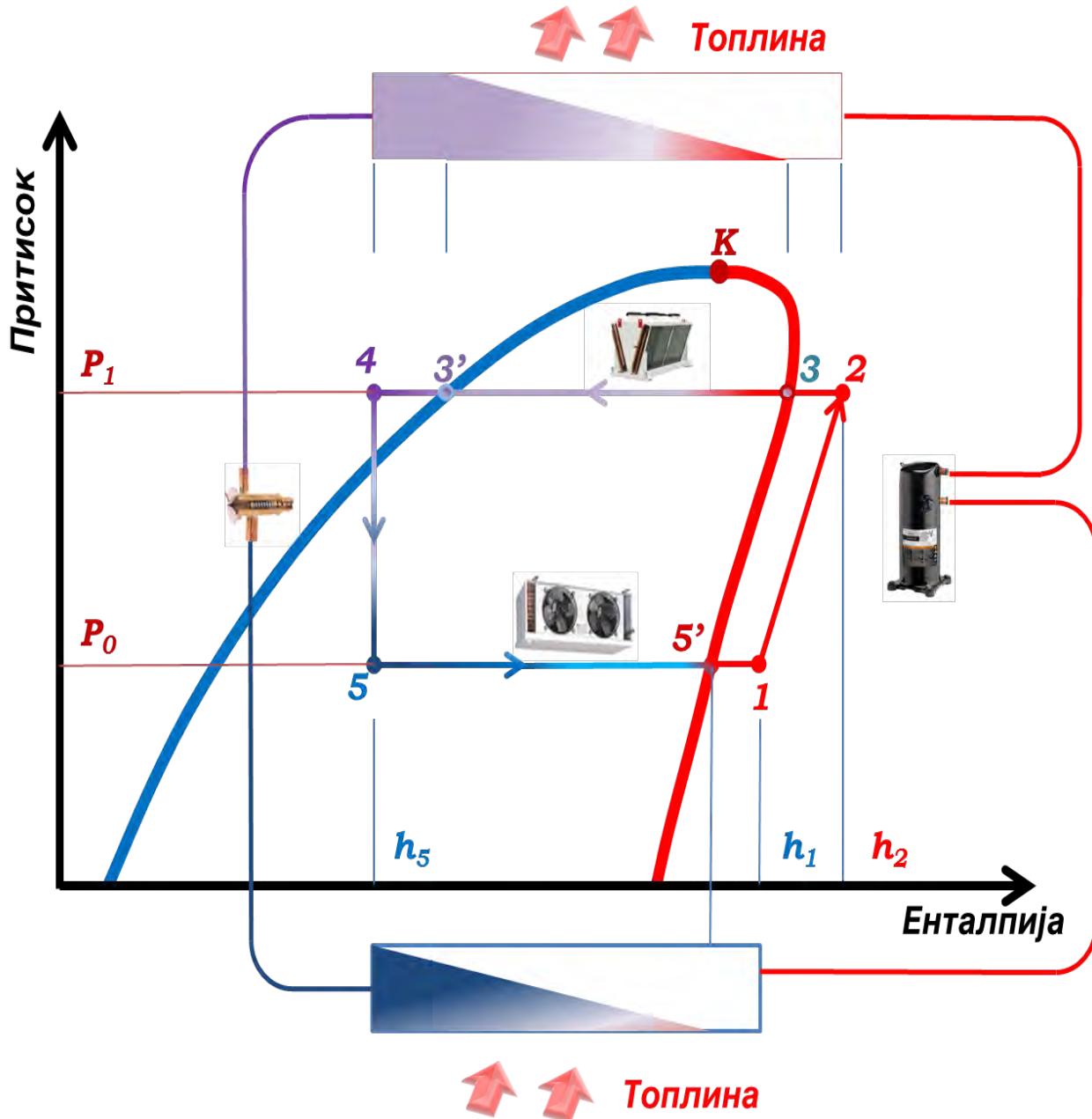


Слика 3: Ладилен циклус во Молиеров дијаграм.

Како што може да се забележи, компресорот секогаш вшмукува гас (пареа). Потоа ја потиснува (компримира), а со тоа го зголемува и притисокот. Во кондензаторот се врши предавање на топлината (осетна и латентна) и промена на агрегатната состојба на средството за ладење од гасовита во течна. Во експанзиониот уред доаѓа течно средство за ладење и се врши намалување на притисокот до притисокот потребен за испарување на средството за ладење. Во испарувачот повторно имаме промена на агрегатната состојба на средството за ладење од течна во гасовита како последица на топлината која средството за ладење ја добива од околината. Компресорот е уред кој работи исклучиво со гасно средство за ладење и заради тоа пред излезот од испарувачот имаме прегревање на средството за ладење. Кај системите за климатизација, ова прегревање на всис⁴ во компресорот треба да изнесува 4 до 8° К (разлика на температурите на средството за ладење во точка 5' и точка 1 на слика 4)

⁴ suction superheat.

На следната слика се прикажани промените на средството за ладење во системот за ладење (климатизација).

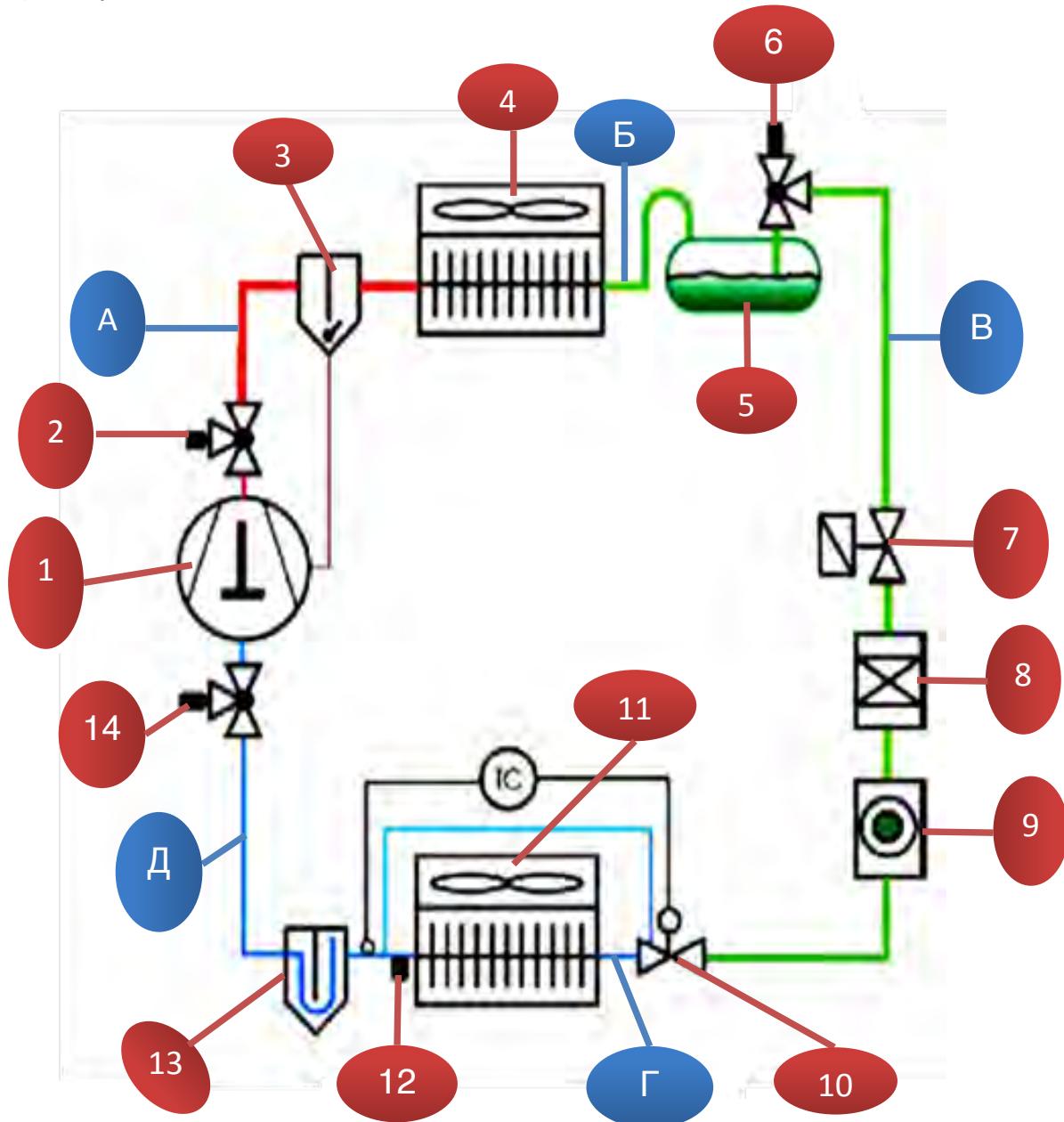


Слика 4: Промена на агрегатната состојба на средството за ладење во ладилен циклус.

1.4. Компоненти на системите за ладење и климатизација

Како што веќе беше напоменато, парно-компресиониот механички ладилен систем се состои од 4 основни компоненти и тоа: компресор, кондензатор, експанзионен уред и испарувач. Сепак, секој систем покрај овие компоненти содржи и други останати компоненти во зависност од големината и од сложеноста на системот. Покрај основните компоненти, секој ладилен систем има вградено сигурносни елементи, контролни елементи и сл. Се разбира, сето ова зависи од големината и од сложеноста на ладилниот систем.

На сликата подолу е прикажана поедноставена шема на ладилен систем со најчесто применуваните компоненти.



Слика 5: Проточна шема на ладилен систем

1	Компресор	8	филтер - сушач
2	Сервисен вентил	9	Показно стакло со индикатор на влага
3	Одвојувач на масло	10	Термоекспанзионен вентил
4	Кондензатор	11	Испарувач
5	Рисивер	12	Сервисен вентил
6	Сервисен вентил	13	Вшмукувачки линиски акумулатор – елиминатор на капки
7	Магнетен вентил	14	Сервисен вентил

А	Потисна цевка - висока страна	Г	Инјекциона линија (влез во испарувач)
Б	Излезна цевка од кондензаторот	Д	Вшмукувачка линија - ниска страна
В	Течна линија		

► Компресор

Компресорите се делат на повеќе начини. Според типот на изведба, тие можат да бидат:

- херметички
- нехерметички (отворени или полуhermetски)

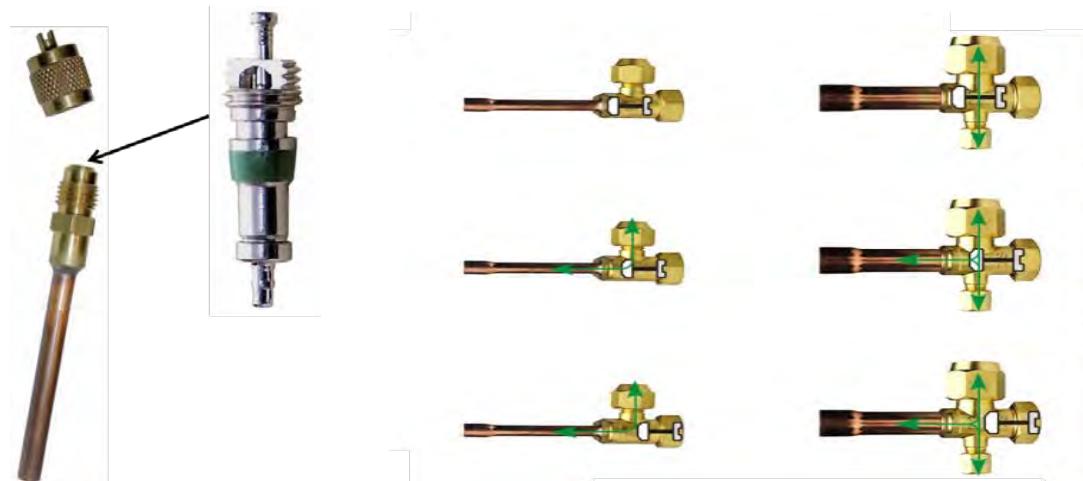


Слика 6: Пресек на херметски и нехерметски клипен компресор.

Малите системи за ладење, како на пример домашните фрижидери и ладилници и помалите уреди за климатизација, користат херметички компресори. Поголемите системи за ладење и климатизација користат полуhermetски типови на компресори. Тие се најчесто клипни или завојни.

► Сервисен вентил

Сервисните вентили претставуваат неизбежен дел од системите за ладење и климатизација. Речиси и да не постои уред за ладење и климатизација што нема игличест сервисен вентил.



Слика 7: Сервисен вентил кај уреди за ладење и климатизација.

► Одвојувач на масло

Враќањето на маслото кое средството за ладење го зема со себе назад во компресорот е мошне важен сегмент за правилно функционирање на системите за ладење и климатизација. Овој дел е многу важен и претставува составен дел од еден ладилен систем.

На сликата долу се прикажани пресеци на два типа одвојувачи на масло.



► Кондензатор

Кондензаторот е еден од главните компоненти на ладилниот систем. Кондензаторите, генерално, можеме да ги поделим на:

- Воздушно ладени (ја предаваат топлината на околниот воздух).
- Водно ладени (ја предаваат топлината на водата како посреден медиум која понатаму ја предава топлината на околниот воздух преку ладилна кула или на земјата кај геотермалните топлински пумпи).



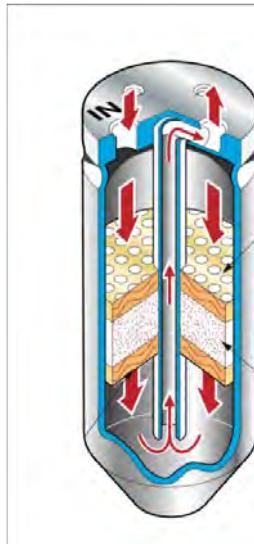
На сликата лево е прикажан водено ладен кондензатор.

На сликата десно е прикажан воздушно ладен кондензатор.



► Рисивер

Рисиверот е цилиндар што ни овозможува собирање на вишокот средство за ладење од системот и стабилизирање на работата на системот за ладење или климатизација. Се монтира по кондензаторот.



► Магнетен (соленоиден) вентил



На сликата лево се прикажани повеќе видови на магнетни вентили. Во системите за ладење и климатизација се употребува нормално затворен вентил, универзален за CFC, HCFC и за HFC средствата за ладење.

► Филтер - сушач

Задолжителен елемент во сите системи за ладење и климатизација. Тој има за задача да ја отстрани влагата од средствот за ладење. Филтерот при секое отворање на инсталацијата задолжително се менува.

Може да биде навоен за монтажа со холендерска врска или за монтажа со нераздвојна врска – со тврдо лемење.

Може да биде еднонасочен и двонасочен.



► Показно стакло со индикатор на влага.

На сликата подолу е прикажано показно стакло со индикатор на влага, неизбежен елемент на системите за ладење и климатизација. Се монтира помеѓу филтерот-сушач и термоекспанзиониот вентил.



► Термоекспанзионен уред

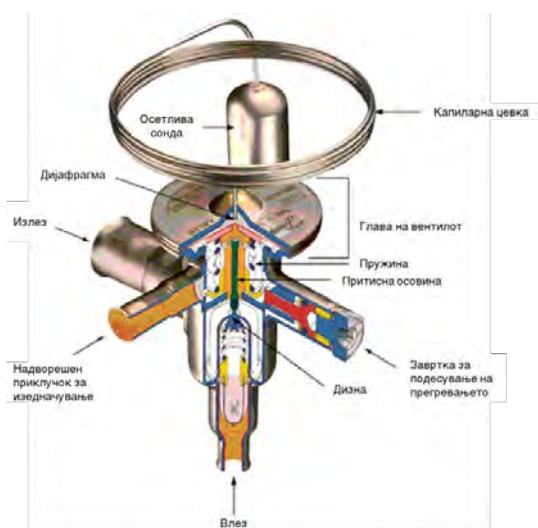
Во системите за ладење и климатизација, најчесто употребувани термоекспанзиони уреди се:

- капиларна цевка
- термоекспанзионен вентил



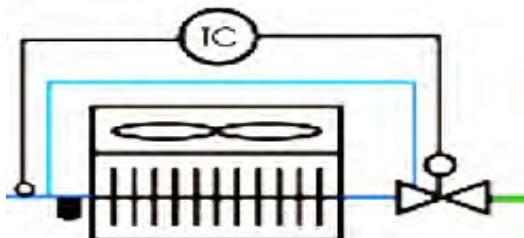
На сликата лево е прикажана капиларна цевка како термоекспанзионен уред. Овие термоекспанзиони уреди се применуваат во помалите системи за ладење.

Должината и дијаметарот на капиларната цевка се пресметуваат во зависност од типот на средството за ладење и од ладилниот капацитет.



На сликата лево е прикажан пресек на механички термоекспанзионен вентил, кој претставува најраспространет експанзионен уред во системите за ладење и климатизација. Во поново време, се поширока примена имаат електронските термоекспанзиони вентили.

Термоекспанзиониот вентил се монтира пред испарувачот на течната страна, но осетливата сонда се монтира на излезната цевка од испарувачот.





На сликата погоре се прикажани електронски и механички термоекспанзиони вентили.

► Испарувач



Слично како и кондензаторот, и испарувачот може да биде воздушен и воден. Воздушните испарувачи најчесто ги среќаваме во коморите за одржување и за замрзнување.



Водените испарувачи најчесто ги среќаваме во уредите и во системите за климатизација. Најчесто применувани водени изменувачи се цевните изменувачи на топлина и плочестите изменувачи на топлина од таканаречните суви испарувачи⁵. Покрај овие испарувачи, кај системите за климатизација се среќаваат и таканаречените потопени испарувачи⁶.



На сликата лево е прикажан протокот на водената и фреонската страна кај овој тип на испарувач.



На сликата десно е прикажан протокот на водената и фреонската страна кај потопен испарувач.

⁵DX evaporator.

⁶Flooded evaporator

► Вшмукувачки линиски акумулатор – елиминатор на капки



Како што беше напоменато погоре, компресорот во парно-компресионен ладилен циклус секогаш вшмукува гасно средство за ладење. Правилното димензионирање на системите и правилнот избор на испарувачот овозможува комплетно испарување на средствот за ладење како што беше прикажано на сликата 4.

Сепак, поради сигурност и заштита на компресорот од вшмукување на течната фаза кај определени системи за ладење се вградува вшмукувачки линиски акумулатор, познат меѓу сервисите како елиминатор на капки.

1.5. Защитни компоненти на системите за ладење и климатизација

Еден систем за ладење или климатизација не може да се замисли без заштитни елементи.

- ✓ Защита од висок и од низок притисок



Не постои систем за ладење без заштита од висок и од низок притисок. Оваа заштита може да биде изведена со помош на механички пресостати или електрични индикатори на притисок. Механичките пресостати можат да бидат саморесетирачки или со ресет-опција. Се препорачува заштитата од висок притисок да биде со ресет-опција.

На сликата лево е прикажан механички пресостат за низок притисок и комбиниран пресостат за висок и низок притисок со авто ресет-опција на нискиот притисок и механички ресет на високиот притисок.



На сликата десно се прикажани електрични пресостати за притисок кои најчесто се среќаваат кај системите за климатизација.

- ✓ Защита за подмачкување (маслена заштита)



Кај системите за ладење се среќава и овој тип на заштита. На сликата лево е прикажан диференцијален пресостат кој од едната страна го регистрира нискиот притисок во системот, а од друга страна притисокот на маслото за подмачкување. Помеѓу овие притисоци мора да постои разлика.

- ✓ Прекинувач на проток⁷



Кај системите што имаат воден испарувач, оваа заштита е неизбежна. Постојат повеќе типови прекинувачи на проток од кои најчесто применувани се механичкиот, прикажан на сликата лево, или диференцијалниот.

- ✓ Сигурносен вентил



Претставува заштита од висок притисок. Доколку се случи да затаи заштитата од висок притисок преку пресостатите, вентилот при зголемување на притисокот отвора и исфрла одредено количество на средство за ладење во околината сé додека не се намали притисокот во системот. Ваквите вентили се задолжителна компонента во системите за ладење и климатизација.

Добрата сервисна практика подразбира контрола на исправноста на заштитните компоненти на системите за ладење и климатизација.

Добрата сервисна практика не дозволува премостување на заштитните компоненти.

1.6. Опрема и алатки кои се користат при сервисирање и инсталирање на системите за ладење и климатизација

При сервисирање или инсталирање на системите за ладење и климатизација користиме најразлични алатки. Основни алатки кои се корисат се:

- црева за средствата за ладење



Ова е алатка без која не е можно да се направи каква било интервенција на кругот во кој има средство за ладење.

За олеснување на работата на сервисерот постојат најразлични додатоци кои му помагаат при сервисирањето како, на пример, сервисен вентил што се монтира директно на самото црево.



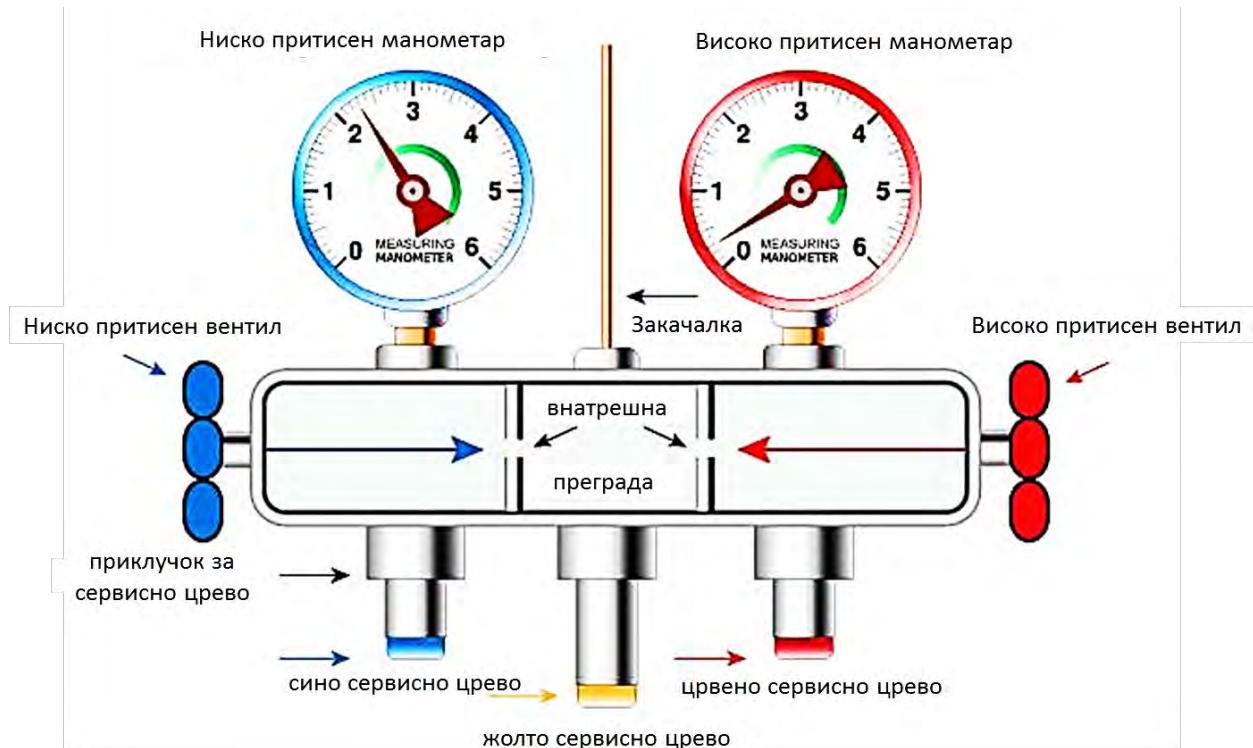
⁷Flow switch.



Важно: Пред поврзувањето на цревото, задолжително да се провери состојбата на заптивката!

➤ Сервисна колекторска (манометарска) група

Ова е алатка без која не може да се изврши ниту основната проверка на системот. Постојат најразлични типови на сервисни колекторски групи со три или со повеќе приклучоци. На сликата подолу е прикажан пресек на колекторска група со три приклучоци.





Во поново време, покрај механичките манометри имаме и дигитални сервисни колекторски групи, кои овозможуваат попрецизни податоци за измерените параметри.

На сликата лево е прикажана механичка колекторска група.



На сликата десно е прикажана дигитална колекторска група.

➤ Уред за извлекување



Потребата за извлекувањето на средството за ладење од системот заради промена или сервисирање на одредена компонента бара употреба на уред за извлекување. Подетален опис на овие уреди е даден во поглавјето 2 – Добра сервисна практика, во овој прирачник, каде што се подетално описаны и постапките за извлекување.

➤ Сервисен цилиндар



Извлекувањето на средството за ладење од системот подразбира негово собирање и складирање во сервисен цилиндар. Подетален опис на сервисните цилиндри е даден во поглавјето 2 –Добра сервисна практика, во овој прирачник.

- Вакуум пумпа



Вакуумирањето на системот е активност која се изведува пред полнење на системот со средство за ладење. Подетален опис за постапката за вакуумирање е даден во поглавјето 3 - Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација, во овој прирачник.

- Вакуум метар



Контролата на вакуумот при вакуумирање се врши со помош на вакуумметар (механички или дигитален).

- Пумпа за масло



Полнењето на компресорот со масло за подмачкување или додавањето масло за подмачкување во компресорот се врши со помош на пумпа за масло.

- Сервисна вага



Добрата сервисна практика подразбира задолжително мерење на количината на средството за ладење при постапките за извлекување и за полнење на системите со средство за ладење.

➤ Азотен цилиндар

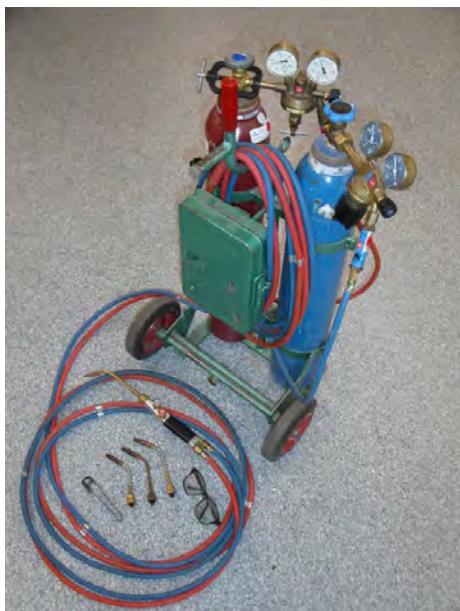


Испитувањето на заптивноста на системот се врши со азот. Азотот, исто така, се користи и при создавањето на нераздвојна врска на бакарните цевки. Задолжително на азотниот цилиндар се поставува регулатор на притисок.

Подетален опис за испитувањето на заптивноста на системите (испитување под притисок) е дадено во поглавјето 3 – Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација, во овој прирачник.

Подетален опис за користењето на азотот при тврдо лемење (нераздвојна врска) е даден во поглавјето 4 – Цевки и типови на врски во системите за ладење и климатизација, во овој прирачник.

➤ Опрема за тврдо лемење



Нераздвојниот тип на врска во системите за ладење и климатизација е еден од типовите на врска за спојување на компонентите на системот. При изведбата на нови инсталации или при сервисирање на постоечките инсталации користиме соодветна опрема, оксигенски и ацетиленски цилиндар, регулатори на притисок, црева и бренери.

Детален опис на самата постапка е даден во поглавјето 4 – Цевки и типови на врски во системите за ладење и климатизација, во овој прирачник.

➤ Фитинг за спојување на бакарни цевки



При нераздвоен тип на врска, меѓусебното спојување на бакарните цевки при изведба на инсталациите во системите за ладење и климатизација се врши со помош на бакарен фитинг.

➤ Експандер за бакарни цевки



Проширувањето на бакарните цевки заради изведба на нераздвоен тип на врска се врши со помош на експандер за бакарни цевки. Продолжувањето на овој начин овозможува еден спој помалку (споредено со користење на бакарен фитинг), а тоа значи едно критично место за истекување помалку.



Убодот во бакарната цевка за сервисен вентил или правењето на распределите се врши со посебен експандер прикажан на сликата лево.

➤ Алат за формирање конуси



Формирањето конуси на бакарните цевки се применува при изведба на раздвоен (холендерски) тип на поврзување на бакарните цевки со одредени компоненти од системот.

Подетален опис за начините на изведба на овој тип на врска е даден во поглавјето 4 – Цевки и типови на врски во системите за ладење и климатизација, во овој прирачник.

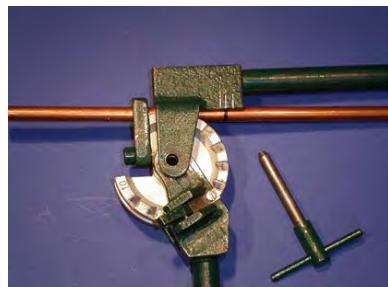
➤ Секач за бакарни цевки



Сечењето на бакарните цевки најчесто се врши со секачи за бакарни цевки.

Подетален опис на постапките за сечење и подготовкa на бакарните цевки е даден во поглавјето 4 – Цевки и типови на врски во системите за ладење и климатизација, во овој прирачник.

➤ Алати за виткање на бакарните цевки



Виткањето на бакарните цевки е сервисна активност при изведба на нова инсталација. Подетален опис за оваа сервисна активност е даден во поглавјето 4 – Цевки и типови на врски во системите за ладење и климатизација, во овој прирачник.

➤ Прирачни алатки

При сервисирањето на опремата се користат најразлични видови на прирачни алатки. Најраспространети се:

Подеслив клуч



Клуч за одвртување / завртување (крцкалка)



Клешти за капилара



Одвртувач на иглицата на сервисниот вентил



Чешел за исправање на ламелите кај воздушно ладен кондензатор



Клешти за стегање



Ножиња за чистење на бакарните цевки



Универзален мултиметар



Електронски термометар



Анемометар со термометар



Алатките и уредите што се користат при проверката на истекување кај системите ладење и климатизација се детално предадени во поглавјето 3 – Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација, во овој прирачник.

2. Добра сервисна практика

Придобивките од унапредувањето и применувањето на добрата сервисна практика се двострани. Од една страна, се намалуваат трошоците на сопствениците на опрема за замена на скапото средство за ладење, а, од друга страна, се намалуваат емисиите на средства за ладење во атмосферата што директно влијае врз животната средина.

Унапредувањето на сервисната практика е еден од приоритетите во областа на сервисирањето на опремата за ладење и климатизација. Сé уште се сретнуваат случаи кога при преземање на сервисните активности – средството за ладење наместо да се извлече од системот, се испушта во атмосферата. Неретки се и случаите кога и покрај видливите истекувања на средство за ладење не се преземаат активности за санирање на истекувањето, туку се врши континуирано дополнување со средство за ладење.

Надминувањето на „лошата сервисна практика“ се постигнува преку континуирана обука на сервисерите на опрема за ладење, преку воведување на законска регулатива која го пропишува не само начинот и постапувањето со средствата за ладење и опремата која содржи средства за ладење, туку воведува и систем за сертифицирање и лиценцирање на сервисерите на опрема. Овој систем за сертифицирање и лиценцирање предвидува обуки и проверки на знаењата на сервисерите на овој тип на опрема. Од друга страна, законската регулатива предвидува и обврски за сопствениците на опрема која содржи средства за ладење во насока на евидентирање на опремата што содржи три или повеќе килограми на средство за ладење, а предвидува и редовни прегледи и проверки на истекување на овој тип на опрема. Сервисерите на опрема ги евидентираат овие сервисни активности во евидентни книшки.

Добрата сервисна практика предвидува почитување на дефинирани правила и процедури пред и за време на сервисирањето на опремата како:

- ✓ Примена на препорачани процедури и опрема за ракување со средствата за ладење.
- ✓ Примена на заштитни и сигурносни мерки при сервисирање.
- ✓ Затворање на системот и пристапување кон извлекување на средевтото за ладење и поправка, кога постои истекување на средство за ладење.
- ✓ Користење на опрема со затворен круг за трансфер на средевтото за ладење, кога средевтото за ладење се извлекува, се полни или се складира.
- ✓ Извлекување на течноста или пареата од сервисните црева.
- ✓ Вршење редовна контрола на заптивните елементи на цревата за полнење и за извлекување, за да не дојде до истекување на средевтото за ладење за време на извлекувањето или на полнењето.
- ✓ При полнење на системот со азот, секогаш да се користи регулатор на притисок. Никогаш системот да не се полни со течен азот.
- ✓ Инсталирање на сервисни вентили заради ограничување на загубите на средевтото за ладење во текот на сервисирањето и на прочистувањето.
- ✓ Тестирањето на заптивноста (непропустливоста) на системите да се врши според пропишаните процедури.
- ✓ Користење на индустриски прифатена опрема / алат за тестирање на заптивноста на системите за ладење.
- ✓ За потврда на заптивноста да се користи и тест со вакуумирање.
- ✓ Вакуумирањето на системот да се врши со вакуум до минимум 757 mmHg, користејќи длабок вакуум или метод со трикратно вакуумирање.
- ✓ Да се користи и да се инсталира ефикасен систем за прочистување и да се изврши рециклирање на излезните пареи.
- ✓ Да се инсталираат надворешни филтри за масло.
- ✓ Да се користат само тестиирани цилиндри за складирање на извлеченото средство за ладење.

- ✓ При извлекување на средството за ладење да не се преполнуваат цилиндрите во кои се собира средството за ладење.
- ✓ Пред почетокот на извлекувањето на кое било средство за ладење е неопходно да се знае типот на средството за ладење. Да не се мешаат средствата за ладење.
- ✓ Да се става етикета на цилиндарот на која ќе стојат информации за типот на средството за ладење кое се извлекува, датата на извлекување и количината на извлечено средство за ладење.
- ✓ При процесот на извлекување / рециклирање да се извлече целата количина на средството за ладење.
- ✓ За извлекување на течно / парно средство за ладење да се користи уред за извлекување (recovery машина).
- ✓ Да се следат невообичаените и ненормалните вибрации.
- ✓ Да се состави писмен извештај за извршената сервисна активност.

Добрата сервисна практика не дозволува:

- ✗ Да се отвори кругот на средството за ладење, ако тоа навистина не е потребно.
- ✗ Користење на средства за ладење како растворувачи.
- ✗ Користење на средства за ладење за детекција на истекување.
- ✗ Да се испушта средството за ладење од опремата во атмосферата.
- ✗ Да се продолжува со употреба на опремата и покрај забележаните истекувања на средството за ладење.
- ✗ Полнење на опрема со средство за ладење, ако не е позната содржината на цилиндарот што ќе се користи.
- ✗ Да се испуштаат „празните“ цилиндри во атмосферата.
- ✗ Да се испушта остатокот на парно средство за ладење од системот, по извлекувањето на течната фаза.
- ✗ Да се контаминираат извлечените средства за ладење со други средства за ладење, растворувачи, масла или други материји.
- ✗ Да се пречекорат пропишаните притисоци од производителот при тестирањето под притисок.
- ✗ Да се користи кислород за испитување на опремата под притисок.
- ✗ Да се полнат цилиндри за еднократна употреба.
- ✗ Да се заваруваат сервисни вентили на цилиндри за еднократна употреба.
- ✗ Да се врши замена на фабричкото средство за ладење без консултации со производителот на опремата.
- ✗ Да се дополнува средство за ладење без мерење на количината.
- ✗ Да се врши преспојување на заштитните елементи на системот (прекинувачи на проток, пресостати за висок или за низок притисок и сл.).

Откако ќе се забележи определена нефункционалност на одредени компоненти од опремата за ладење и климатизација или, пак, ќе се забележи истекување на средството за ладење се пристапува кон сервисирање на опремата. Прв чекор во сервисирањето на опремата е извлекување – отстранување на средството за ладење од системот за ладење или климатизација.

2.1. Извлекување – отстранување на средствата за ладење од системите за ладење или климатизација

Најпрвин да се запознаеме со основните поими:

- ▶ **Извлекување (Recovery)**

Отстранување на средството за ладење од опремата за ладење или климатизација, во течна или во гасовита фаза, и негово складирање во надворешен цилиндар. По завршувањето на сервисирањето, средството за ладење се враќа назад во системот.

Добрата сервисна практика предвидува рециклирање на средството за ладење пред повторна употреба. Се изведува на самото место и претставува прв чекор во сервисирањето на опремата.

► *Рециклирање (Recycling)*

Отстранување на средството за ладење од опремата, неговоочистење со минување низ филтер за масло и единечно или повеќестепено минување на средството за ладење низ филтри-сушачи за средство за ладење. Со минување низ овие компоненти се отстранува влагата, киселоста и тврдите честички од средството за ладење. Оваа операција се изведува на самото место при сервисирањето на опремата.

► *Репроцесирање – обновување (Reclaim)*

Репроцесирањето – обновувањето на користеното средство за ладење претставува изведување на серија постапки, најчесто дестилација, со што средството за ладење се доведува до ниво на спецификација на ново оригинално средство за ладење. Постапката на обновување подразбира отстранување на загадувачи како што е водата, хлоридите, ацидите, остатоците со високи точки на вриење, тврдите честички, некондензирачките гасови и супстанции, вклучувајќи ги тутка и другите средства за ладење. Хемиската анализа е неопходна за утврдување на тоа дали обновеното средство одговара на спецификациите. Идентификацијата на загадувачите и хемиските анализи се специфицирани со национални и со меѓународни стандарди. Процесот на обновување најчесто се врши во фабрички услови.

2.1.1. Основни безбедносни совети за ракување со средствата за ладење

При преносот на средството за ладење од опремата во сервисниот цилиндар, потребно е да се обрне внимание на безбедносните аспекти, односно работата на сервисерот да се одвива според пропишаните безбедносни правила.

- ✓ Да се прочита упатството за ракување и за одржување на опремата доставено од страна на производителот и да се почитуваат пропишаните процедури во упатството.
- ✓ Цилиндарот да се полни само 80 % од неговиот капацитет.
- ✓ Течното ладилно средство кое е под притисок при експанзија на атмосферски притисок може да предизвика смрзнатини. Затоа, при работа, задолжително да се користи лична заштитна опрема (заштитни ракавици и очила, работни костими со долги ракави и сл.).
- ✓ Работниот простор треба да биде добро вентилиран и да претставува простор во кој пушењето не е дозволено. Средствата за ладење се без мирис и без вкус, потешки се од воздухот и го намалуваат количеството на кислород во воздухот.
- ✓ Цилиндрите во кои се собира средството за ладење не треба да се складираат на високи амбиентни температури, ниту пак да се изложени на сонце.
- ✓ Работниот притисок на цилиндарот не смее да се надмине. Пред почетокот на полнењето на цилиндерот да се провери информацијата за работниот притисок на цилиндарот што е втисната на него.
- ✓ Можат да се користат само чисти цилиндри, незагадени со масло, со киселина или со влага..
- ✓ Со помош на вага се мери количеството на средството за ладење собрано во цилиндарот.
- ✓ Да се изврши визуелна проверка на секој цилиндар пред почетокот на полнењето.

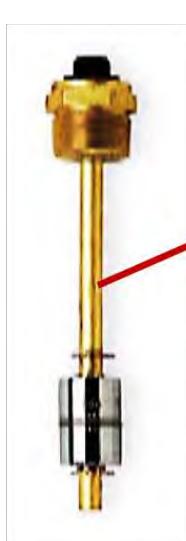
Сервисните цилиндри се изработени од челик и се со волумен од 5 до 60 и повеќе литри. Обоени се со боја различна од бојата на цилиндрите во кои се испорачуваат средствата за ладење. Тие се опремени со посебни вентили за течна и за гасовита

фаза, како и со сигурносен испустен вентил. Некои од нив се опремени и со ниво-прекинувач(OFP)¹, за исклучување на уредот за извлекување кога ќе се наполни цилиндарат до определеното ниво.

На slikата подолу се прикажани неколку типови на сервисни цилиндири.



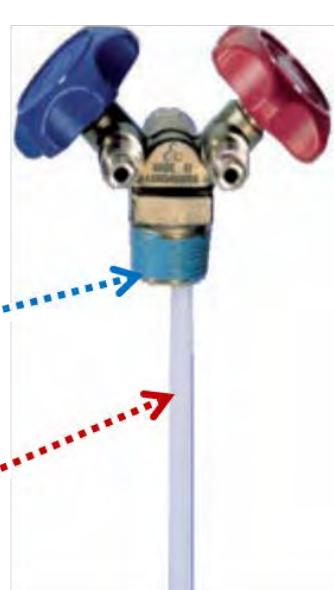
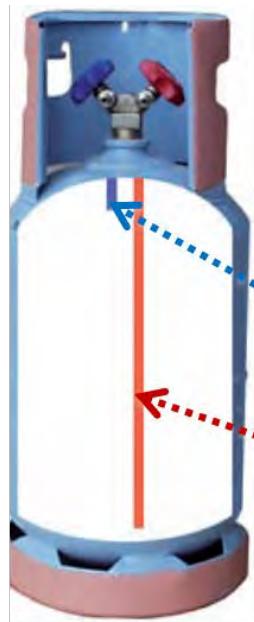
Сервисен цилиндер според DOT стандард (US) без заштита од преполнување



Сервисен цилиндер според DOT стандард (US) со заштита од преполнување



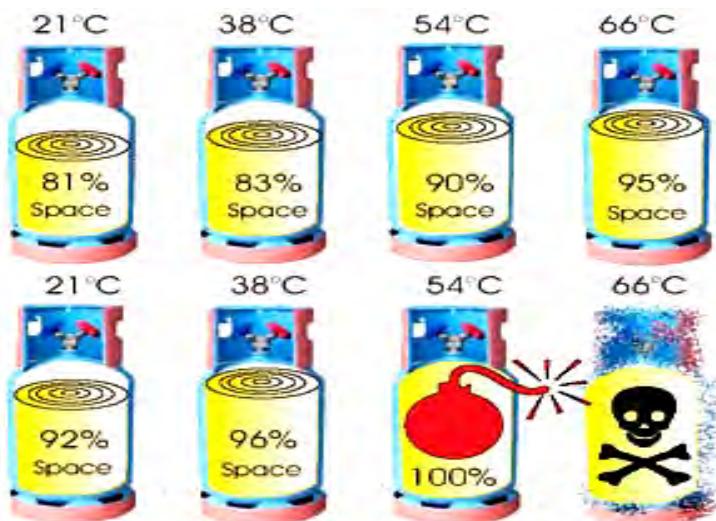
Поврзување на сервисен цилиндер со заштита од преполнување



Сервисен цилиндар според EN стандард (Европа) според ADR регулатива (транспорт на опасни материји). Напечен пресек на цилиндарат со приказ на вентилите за течна и за гасна фаза со внатрешен сигурносен вентил.

¹Overfill protection.

На сликата подолу е прикажано ширењето на средството за ладење во зависност од растот на амбиентната температура.



Почеток на ширењето на средството за ладење со 81 % исполнетост и температура од 21°C

Почеток на ширењето на средството за ладење со 92% исполнетост и температура од 21°C

Особено е важно да не се преполнуваат цилиндрите повеќе од 80% од максималниот капацитет.

2.1.2. Методи за извлекување на средството за ладење (Recovery)

Како што веќе беше дефинирано, отстранувањето на средството за ладење од опремата за ладење или климатизација, во течна или во гасовита фаза, и негово складирање во надворешен цилиндар се нарекува извлекување.

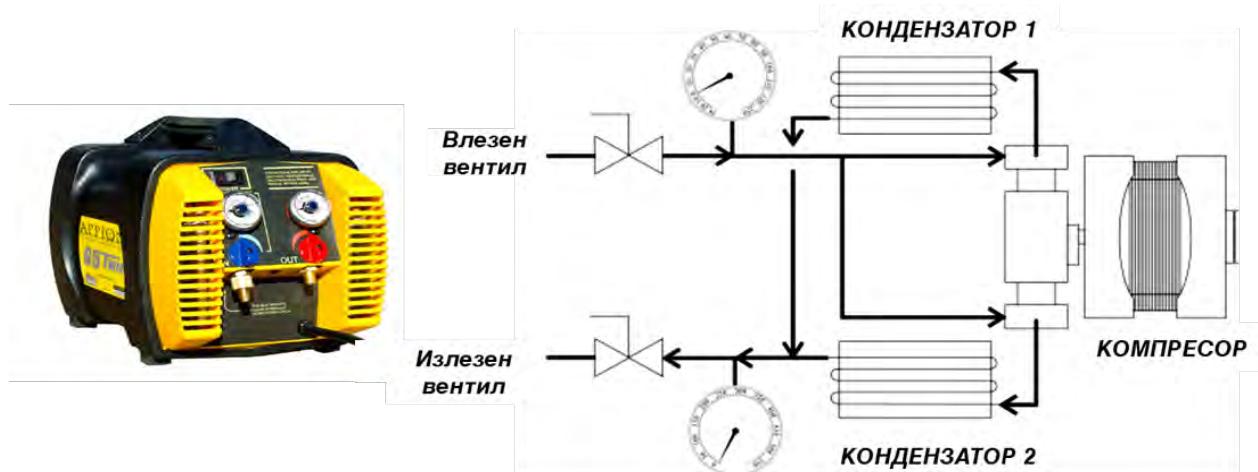
Извлекувањето се врши со соодветна опрема за овој процес. Потребно е да се избере опрема која може да врши извлекување на средствата за ладење со високи притисоци.

Алатки кои се потребни за изведување на овој процес се:

- ▶ Уред за извлекување (recovery unit).
- ▶ Манометарска група (сервисен колектор со манометри).
- ▶ Сервисни црева од 1/4" опремени со сервисен вентил на самото црево и игличест додаток на едната страна.
- ▶ Сервисен цилиндер.
- ▶ Вага.
- ▶ Прирачен алат (подеслив клуч, клешта, имбус клучеви и сл.).
- ▶ Лична заштитна опрема.

Постојат повеќе типови на уреди за извлекување. На сликата подолу се прикажани неколку типови на уреди за извлекување и проточни дијаграми на ладилното средство во зависност од типот на уредот.





На сликата погоре е прикажан уште еден уред за извлекување со приказ на протокот на средството за ладење низ него.

Постојат три типа на уреди за извлекување на средствата за ладење и тоа:

- само-содржани (self-contained).
- зависни од системот (system depended).
- пасивни (passive).

Само-содржаните уреди за извлекување имаат сопствен компресор или механизам за испуштување на средството за ладење надвор од системот (опремата) за ладење или климатизација. Овој уред нема потреба да се поврзува со којабило компонента на системот за ладење или климатизација.

Уредите за извлекување **зависни од системот**, од друга страна, зависат од компресорот на самиот систем и/или од притисокот на средството за ладење на самиот систем. Во оваа категорија спаѓаат уредите за извлекување што користат само ладилен резервоар.

Пасивните уреди за извлекување се, всушност, вреќи за извлекување што се користат при сервисирање на мали домашни ладилници и фрижидери, во кои се складира мала количина на средство за ладење на притисоци, близки или малку повисоки (0.1 бар) од атмосферскиот.

Методите за извлекување зависат од типот на средството за ладење кое се извлекува. Тие обично се делат на две генерални групи:

- *Високо притисен*, каде што точката на вриење на средството за ладење е помеѓу -50 и +10°C на атмосферски притисок и
- *Ниско притисен*, каде што точката на вриење на средството за ладење е над +10°C на атмосферски притисок.

Во случаите кога средството за ладење не е контаминирано, на пример, кога е прегорен компресорот, истото може да се врати во системот по завршеното сервисирање.

Постојат три методи за извлекување на ладилното средство:

- Извлекување на средството за ладење во гасовита фаза.
- Извлекување на средството за ладење во течна фаза.
- „Push - pull“ (потисни - повлечи) метод за извлекување на средството за ладење.

Која од погоре наведените методи ќе се користи зависи од одговорите на следните прашања:

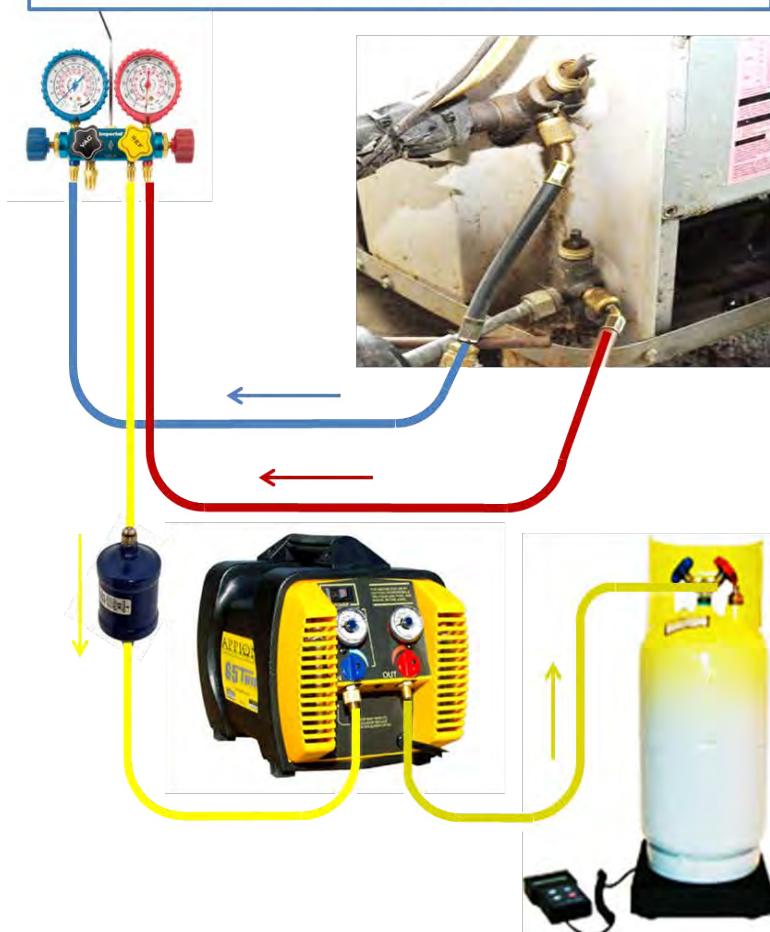
1. Дали количината на средство за ладење во системот е поголема или помала од 4 килограми?
2. Дали системот има акумулатор за средството за ладење (рисивер)?
3. Дали се работи за еднокомпонентно средство за ладење или за мешавина?

2.1.3. Извлекување на средството за ладење во гасовита фаза

Ова е најчесто применуваниот метод за извлекување на средството за ладење. Кај системите со поголеми количини на полнење, потребен е подолг временски период доколку средството за ладење се извлекува во гасовита фаза. Ова е применлив метод кај системите со мали количини на полнење. Не се препорачува при извлекување на повеќе компонентни средства за ладење.

На сликата подолу е прикажана проточната шема за извлекување на средството за ладење во гасовита фаза.

Извлекување на средство за ладење во гасна фаза



Постапката на извлекување на средство за ладење при овој метод се одвива во следните чекори:

- Се поврзува високо притиснатата и ниско притиснатата страна на манометарската група со сервисните вентили на системот за ладење или климатизација.
- Се поврзува приклучокот на манометарската група со филтер-сушачот, а излезот од филтерот се поврзува со влезната страна на уредот за извлекување.
- Излезната страна на уредот за извлекување се поврзува со вентилот за течна фаза на сервисниот цилиндар.
- Се поставува сервисниот цилиндар на вага и се мери. Доколку се работи за нов цилиндар, тој се вакуумира, а ако има остатоци од средството за ладење, тогаш средство треба да се излече од цилиндарат. Откако цилиндарат ќе биде подготвен за полнење, вагата се ресетира на нула "0".
- Со помош на дополнително црево се приклучува вакуум пумпа на манометарската група, се отвораат вентилите на манометарската група и уредот за извлекување и се вакуумираат сите црева.

- Се отвораат сервисните вентили на опремата за ладење или климатизација и внимателно се отвораат вентилите на манометарската група, посебно високо притиснатата страна и посебно ниско притиснатата страна. На показното стакло на манометарската група се следи средство за ладење.

- Се вклучува уредот за извлекување. Да се обрне внимание, некои уреди за извлекување работат само со гасовита фаза и да се внимава да не дојде течна фаза во уредот за извлекување.
- Откако ќе се извлече средството од системот за ладење или климатизација, уредот за извлекување врши вакуумирање на системот. Одредени уреди за извлекување имаат опција „чисти – purge“ со што се извлекува средството за ладење од самите сервисни црева.
- Се проверува наполнетата количина во сервисниот цилиндар и се врши запишување на извлечената количина на средство за ладење.

Се препорачува кратките сервисни црева, уредот за извлекување и сите други елементи да бидат во непосредна близина.

2.1.4. Извлекување на средство за ладење во течна фаза

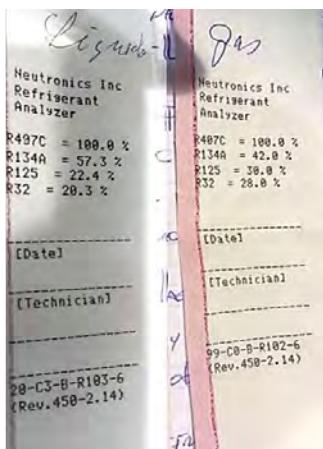
Доколку уредот за извлекување нема вградена пумпа за течност (зависен од системот) или, пак, уредот не е предвиден за извлекување на течна фаза, средство за ладење може да се извлече од системот за ладење или климатизација со помош на два сервисни цилиндра на начин прикажан на сликата подолу.



При оваа постапка сервисните цилиндри треба да имаат два сервисни вентила, еден за течна и еден за гасовита фаза. Манометарската група се поврзува со вентилот за течна фаза на сервисниот цилиндар додека, пак, вентилот од гасовитата фаза на истиот цилиндар се поврзува преку филтер со влезниот приклучок на уредот за извлекување. Излезниот приклучок од уредот за извлекување се приклучува со вентилот за течна фаза на сервисниот цилиндар во кој се собира средство за ладење. Повторно, сервисниот цилиндер во кој го собираме средство за ладење се поставува на вага и се мери количината на извлечено средство.

Извлекувањето на гасовитата фаза од сервисниот цилиндар, со помош на уредот за извлекување, предизвикува намалување на притисокот од цилиндарот и течноста од системот забрзано навлегува во цилиндарот. Треба да се внимава и да се контролира брзината со која ќе се полни цилиндарот со течност. Откако ќе се извлече течната фаза, остатокот на гасовито средство за ладење од системот се извлекува со методот за извлекување во гасовита фаза.

R407c = 100%
R134a = 52 %
R125 = 25 %
R32 = 23 %



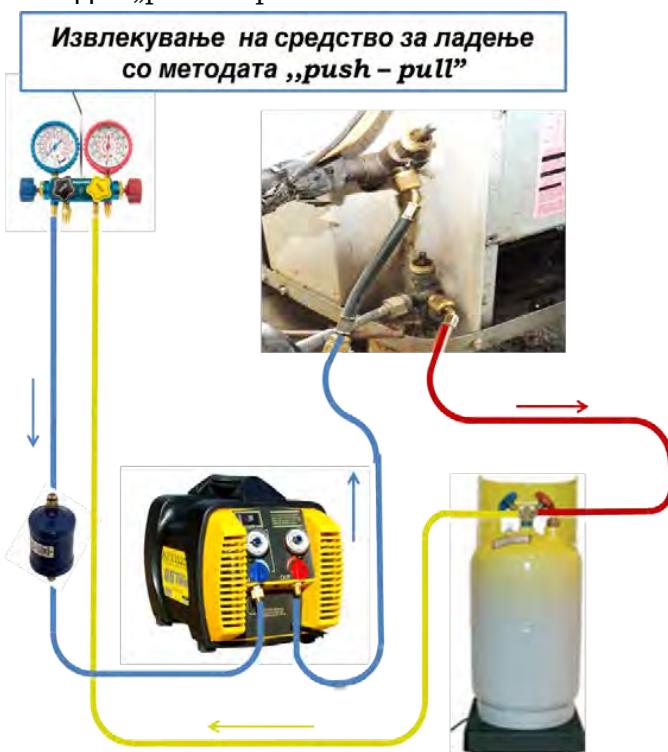
На slikata е прикажана разликата во составот на компонентите при извлекувањето на средството за ладење R407c во гасовита и во течна фаза. По извлекувањето на средството за ладење, извршена е анализа на извлеченото средство за ладење со анализер за средства за ладење.

Од анализата може да се забележи нарушувањето на процентуалниот состав на компонентите од кои е составено средството за ладење, во зависност од применетиот метод на извлекување.

2.1.5. Извлекување на средството за ладење со методот „Push – pull“

Со овој метод се извлекува средото за ладење кај системите кои имаат полнење со средство за ладење поголемо од 4 килограми. Оваа постапка се применува и кај топлински пумпи или има вградено реверзилен вентил. Извлекувањето на средството за ладење се врши во течна фаза. Оваа постапка, исто така, се применува доколку во системот има вградено акумулатор (рисивер).

На slikata подолу е прикажан начинот на извлекување на средството за ладење со методот „push – pull“.



При оваа постапка, уредот за извлекување вшмукува гасовита фаза од сервисниот цилиндар со што се намалува притисокот во него. Тоа овозможува течната фаза на средството за ладење да истекува од системот за ладење или климатизација и да го полни сервисниот цилиндар.

Потиснатата гранка на уредот за извлекување е поврзана со гасовитата фаза на системот за ладење или климатизација. Потиснувајќи ја гасовитата фаза во системот, уредот за извлекување го зголемува притисокот во системот, потиснувајќи го средото за ладење кон сервисниот цилиндар.

По извлекувањето на течната фаза, гасовитата фаза се извлекува со методот за извлекување на гасовита фаза.

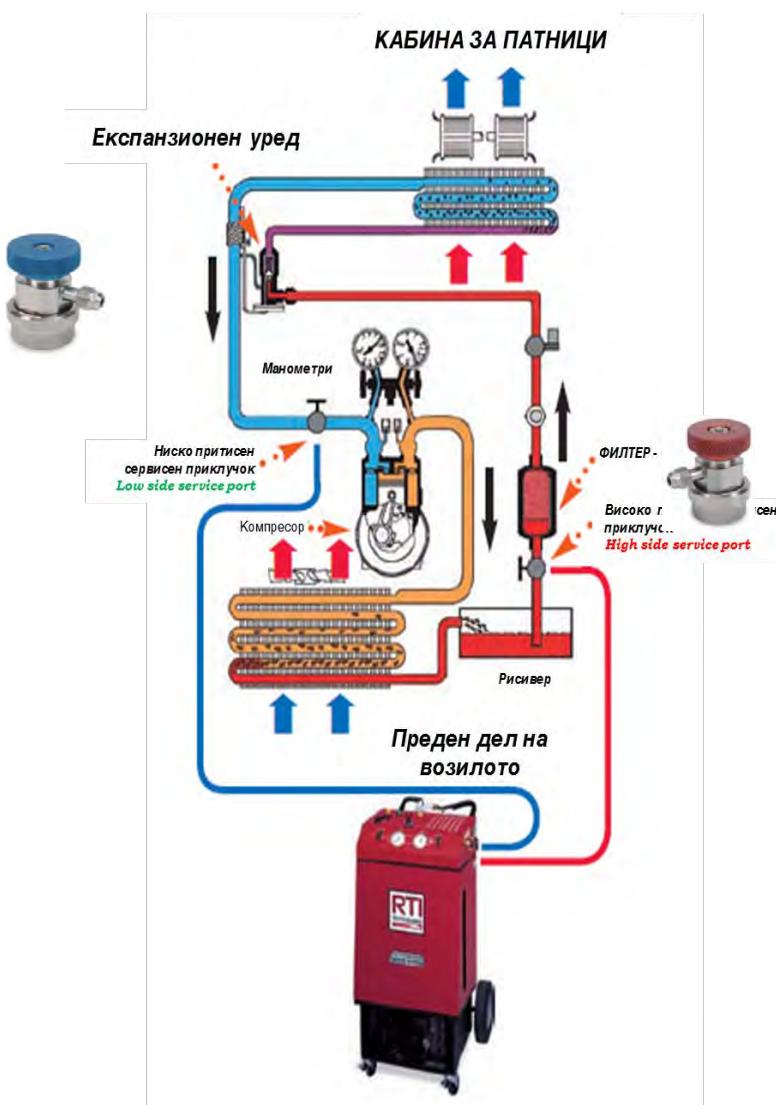
Пред отстранувањето на системот за ладење или климатизација, заради неисправност или заради негова замена со нов, се применува постапката за извлекување на средството за ладење. Средството се складира во сервисен цилиндар и истото може да се употреби за друг систем. Секако, се препорачува рециклирање на средството за ладење и негова анализа пред повторната употреба.

2.1.6. Извлекување на средството за ладење од мобилен уред за климатизација

Мобилните уреди за климатизација се најчесто опремени со сервисни приклучоци на високо притисната² и ниско притисната³ страна на компресорот. Полнењата со средство за ладење кај овие системи се мали и затоа извлекувањето на средството за ладење се врши во гасовита фаза.



На сликата одлево е прикажан начинот на поврзување и проточната шема за извлекување на средството за ладење од мобилен уред за климатизација со помош на „Уред за ракување со средства за ладење“⁴



Постапката за извлекување на средството за ладење и за сервисирање на уредот се изведува преку следните чекори:

- Се поврзуваат двете црева од уредот за извлекување со ниско притисниот и со високо притисниот приклучок на мобилниот уред за климатизација.

Постојат посебни приклучоци (брзи спојки) за поврзување на цревата со мобилниот уред за климатизација.

- Со помош на уредот се извлекува средството за ладење и се складира во сервисен цилиндар.
- Следи сервисирање на уредот (некои уреди се опремени со автомаска дефектажа).
- Сервисирање.
- Проверка на истекување.
- Вакуумирање.
- Полнење на системот и контрола на работните параметри.

²High pressure port.

³Low pressure port.

⁴ „Refrigerant handling“ unit.

2.2. Рециклирање на средствата за ладење (Recycling)

Рециклирањето отсекогаш било дел од добрата сервисна практика. За рециклирање се користат уреди слични на уредите за извлекување, но тие се опремени со дополнителни компоненти за филтрирање на средството за ладење. Во продажба може да се најдат два типа на опрема и тоа за:

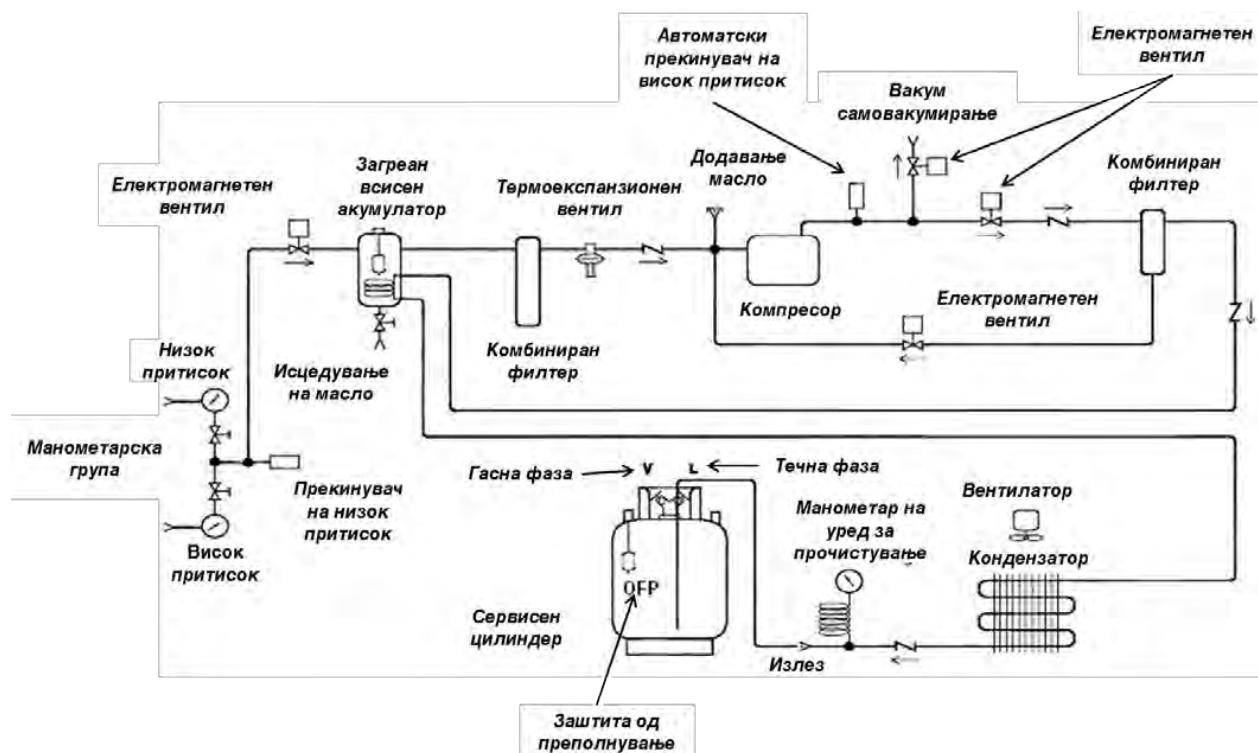
- ▶ рециклирање во еден премин.
- ▶ повеќекратно рециклирање.

Уредите за рециклирање можат директно да се поврзат на системите за ладење или климатизација при самото сервисирање или, пак, треба да се изврши чистење на средствата за ладење што се складирани во сервисниот цилиндар.

Главни компоненти на уредите за рециклирање се:

- Компресор.
- Термоекспанзионен вентил (TEV) или регулатор за константен притисок (CPR).
- Вшмукувачки акумулатор или сепаратор на масло со вентил за исцедување на маслото.
- Филтерска секција (еден или повеќе филтри).
- Уред за прочистување на некондензирачките гасови (рачен или автоматски).
- Кондензатор.
- Сервисен цилиндар (цилиндар во кој се складира рециклираното средство).

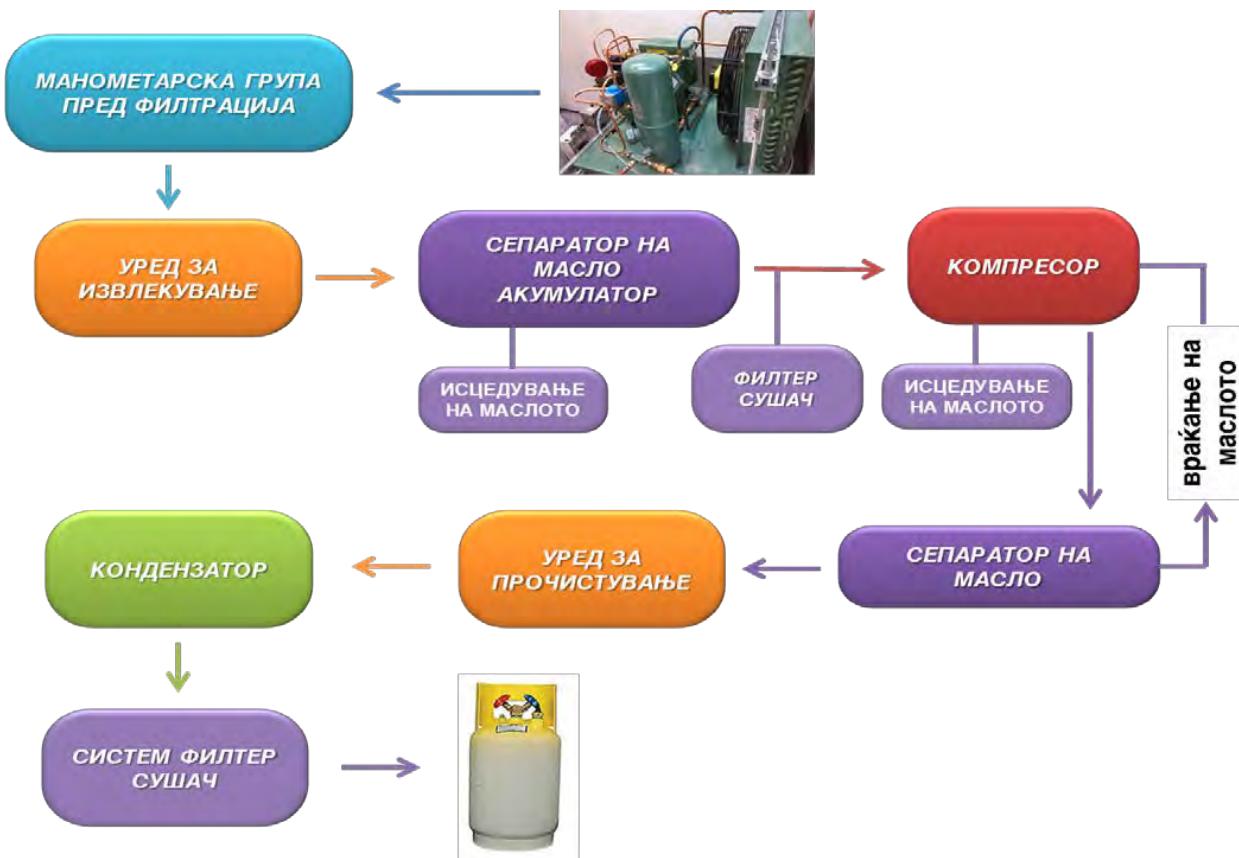
На сликата подолу е прикажана шема на уред за рециклирање со основните компоненти од кој е составен.



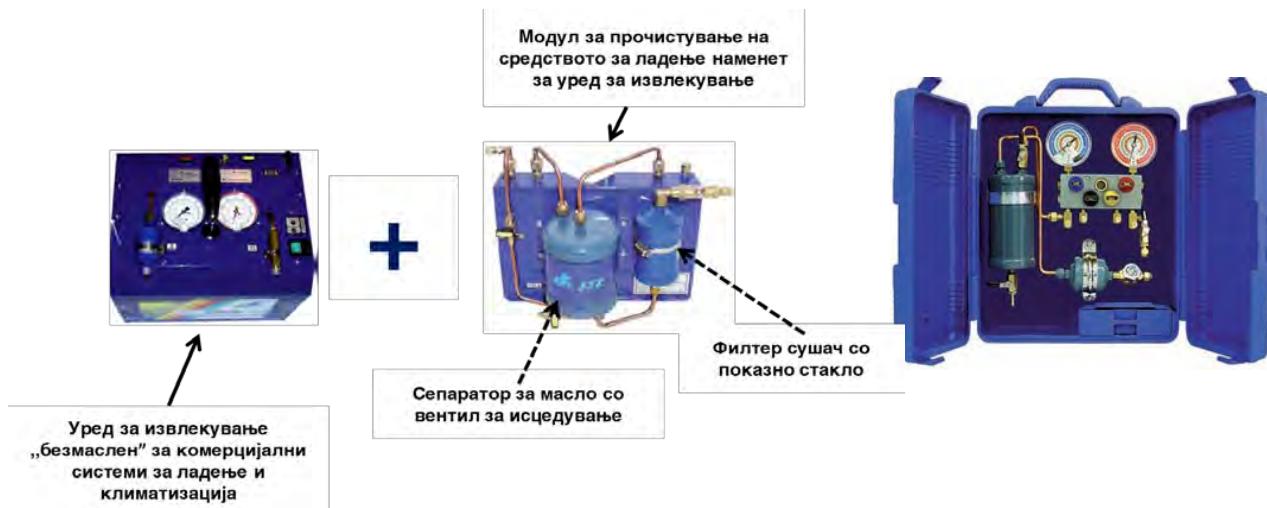
2.2.1. Рециклирање во еден премин

Машините за рециклирање во еден премин го процесираат средството за ладење преку филтер-сушачи и / или дестилација. При процесот на рециклирање, средството за ладење поминува само еднаш низ машината и потоа влегува во цилиндарот за складирање.

На шемата подолу е прикажан протокот на средството за ладење низ уредот за рециклирање.



На сликата подолу е прикажан уред за рециклирање во еден премин.

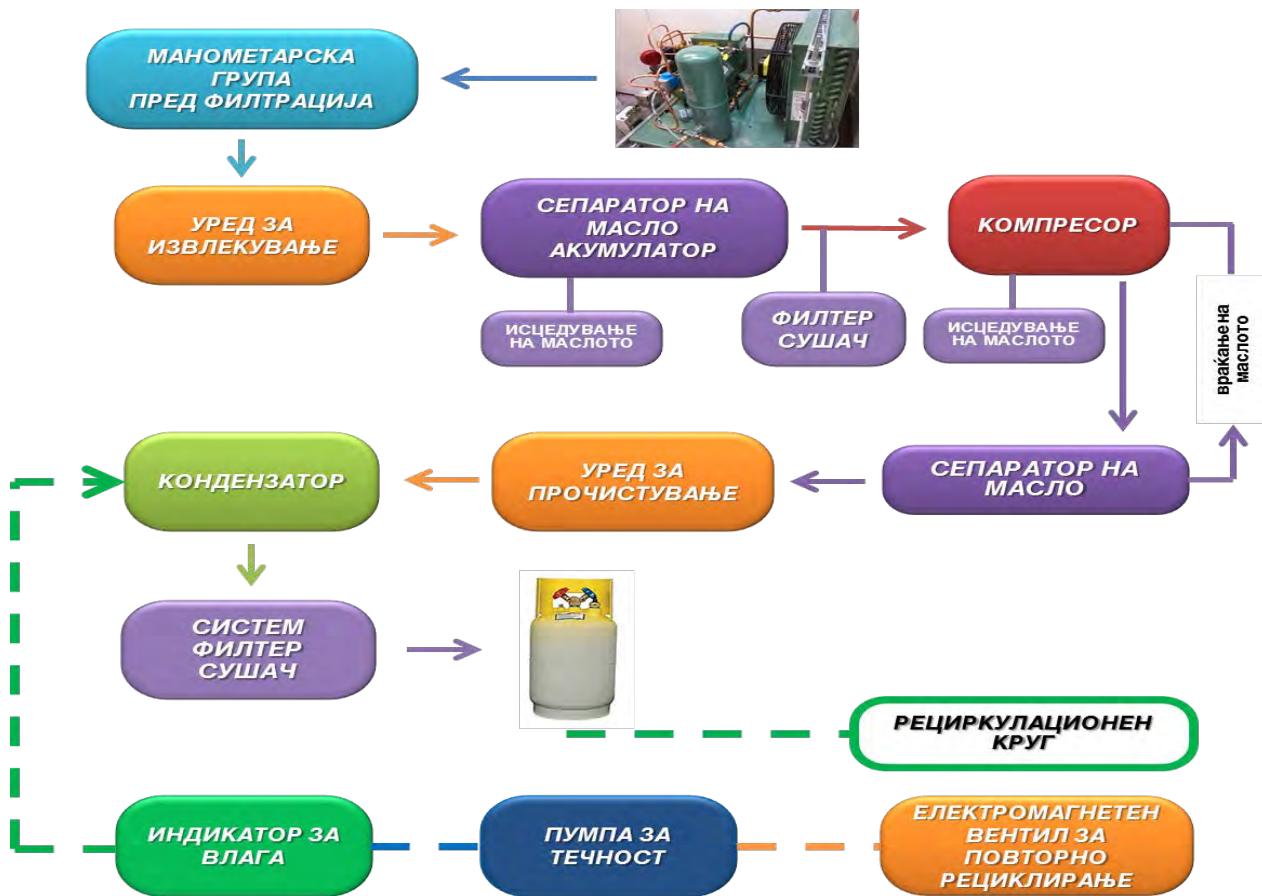


2.2.2. Повеќекратно рециклирање

Машините за повеќекратно рециклирање го рециркулираат извлеченото средство за ладење повеќе пати преку филтер-сушачите⁵. По извесен период или број на циклуси, средството за ладење се префрла во сервисниот цилиндар. Времето не е мерка за тоа колку средството за ладење е добро филтрирано, заради варијацијата на содржината на влага.

⁵Филтрите-сушачи треба редовно да се менуваат во зависност од препораките на производителот и во согласност со обемот на нивната загаденост (контаминација).

На сликата подолу е прикажан протокот на средството за ладење при повеќекратно рециклирање.



И двете постапки на отстранување на средството за ладење од системот за ладење или климатизација се вршат од страна на сервисите на самото место, при сервисирањето на системот.



Без оглед на тоа дали се работи само за извлекување на средството за ладење или, пак, се врши и рециклирање, и двете постапки се дел од добрата сервисна практика. По извршеното отстранување на средството за ладење, **задолжително** да се стави етикета на сервисниот цилиндар на која ќе бидат содржани информациите за датата на извлекување, типот на средството за ладење и количината.

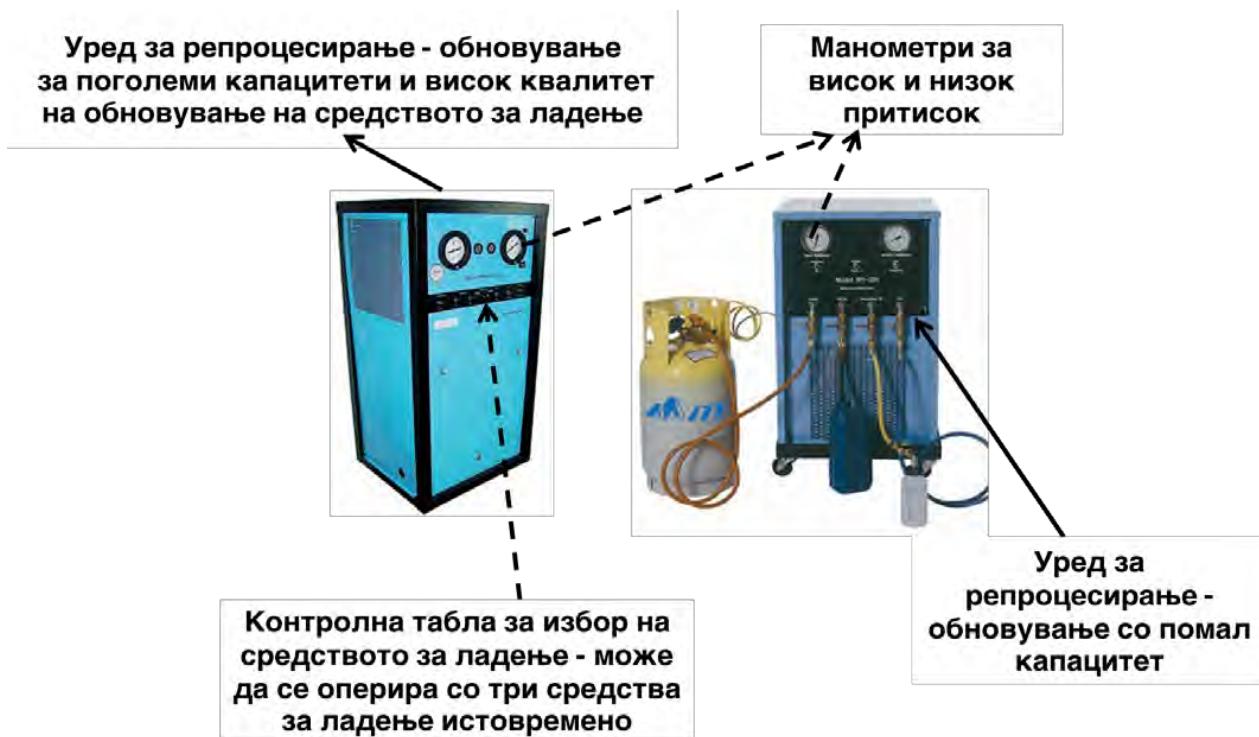
2.3. Репроцесирање – обновување (Reclaim)

Репроцесирање – обновување е процес при кој извлеченото средство за ладење го прочистуваме со доведување на неговите карактеристики еднакви или скоро еднакви на оригиналното средство за ладење. Обновеното средство за ладење мора да го исполнi ARI стандардот 700 – 1993 со спецификации за хлорофлуоројаглероди (CFC), хлорофлуоројаглеводорди (HCFC) и флуоројаглеводорди (HFC).

Повеќето типови на уреди за обновување работат на ист принцип, при што контаминираното средство за ладење се внесува во уредот за обновување во течна или во гасовита фаза. Средството за ладење во уредот се загрева (дестилира) сè додека парите на чистото средство за ладење не се одвојат од загадувачите на средството за ладење. Потоа средството за ладење влегува во голема, засебна комора – сепаратор каде брзината драстично се намалува. Тоа овозможува пораст на температурата на загреаната пеара. Загадувачите во оваа комора (сепаратор), какви што се бакарните остатоци, јаглеродот, маслото и киселините, се одвојуваат и паѓаат на долнот дел од комората.

Овие загадувачи можат да се одвојат за време на „исфрлањето“ – исцедувањето на маслото. Дестилираното средство за ладење во гасовита фаза се изнесува од сепараторот и се внесува во воздушноладен кондензатор. Тука тој кондензира, се втечнува. Втечнетото средство за ладење минува низ филтер-сушач и се упатува кон комората за складирање каде што прочистеното средство за ладење се лади на температура од 3 до 4 °C.

На сликата подолу се прикажани уреди за репроцесирање – обновување на средството за ладење.



По извршеното обновување на средството за ладење задолжително се врши хемиска анализа, во овластена и акредитирана лабораторија за да се утврди дали обновеното средство одговара на спецификациите на оригиналното средство за ладење.

Процесот на обновување најчесто се врши во фабрички услови.

2.4. Повторна употреба на средствата за ладење

Отстранетото средство за ладење од системот за ладење или климатизација може повторно да се употреби по извршеното сервисирање, или, пак, да се складира и повторно да се употреби во други системи за ладење или климатизација. Повторната употреба на средството за ладење зависи од причината заради која средевтото е отстрането од системот и од степенот на загаденост, како и од неговата состојба, на пример, од нивото и од типот на загадување што може да ги содржи.

Како што веќе и претходно беше посочено, потенцијални загадувачи на средството за ладење се киселините, влагата, некондензирачките гасови и определените честички. Дури и ниско ниво на загадување во средството за ладење може да го намали работниот век на системот за ладење или климатизација.

Загадените (контаминираните) средства за ладење, дури и оние загадените при горење на херметски компресори, можат повторно да се користат ако се отстрануваат од системот со постапката на рециклирање, односно со користењето уред за извлекување во комбинација со сепаратори на масло и филтри (уред за рециклирање⁶).

Уредите за рециклирање можат директно да се поврзат на системите за ладење или климатизација при самото сервисирање или, пак, да се изврши чистење на средствата за ладење кои се складирани во сервисниот цилиндар.

Заради поголема контрола на квалитетот на извлечените средства за ладење, особено кај сервисерите кои сервисираат уреди што содржат поголеми количества на средство за ладење, поширока примена наоѓа уредот за анализа на средствата за ладење.

На сликата подолу се прикажани повеќе уреди за анализа на средствата за ладење.



Некои од овие уреди имаат можност за печатење на резултатите, додека некои служат и како дигитални или механички сервисни манометри со опција да ги анализираат и да ги прикажуваат информациите за средствата за ладење.

⁶Види поглавје 3.2.: Рециклирање на средствата за ладење.

2.5. Сервисирање на опрема што содржи средства за ладење

Системите за ладење или климатизација содржат средства за ладење и тие треба редовно да се одржуваат. Одржувањето на овие системи можеме да го поделим на два вида и тоа:

- Превентивно одржување.
- Принудно одржување – одржување по доставена пријава за неисправност или за неправилно работење на системот.

Превентивно одржување

Овој тип на одржување е најдоброт, најсигурниот и најевтинот начин за одржување и за обезбедување на долгогодишно правилно и сигурно работење на системите и на уредите. Тоа подразбира редовни контроли и прегледи на системите за уредите, заради спречување или предвидување на определени дефекти кои може да предизвикаат поголеми проблеми и несугурност при работењето на системите.

Превентивното одржување претставува почитување на пропишаните препораки и процедури од страна на производителот на опремата, како и преземање редовни активности за контрола на уредот. Превентивното одржување се состои од следните чекори:

- ✓ проверка на работните параметри на системот.
- ✓ проверка на состојбата на одредени компоненти од системот (нечист кондензатор, испарувач, ниво на масло во компресорот и сл.).
- ✓ контрола и забележување на невообичаени звуци и вибрации (компресор, цевна инсталација и сл.).
- ✓ проверка на електричните компоненти на системот (разлабавени контакти, механички оштетувања на скlopките и сл.).
- ✓ мерење на струјните параметри (влезен – доводен напон, струја која компресорот ја влече по фази и сл.).
- ✓ проверка на исправноста на заштитните (сигурносните) елементи на системот.
- ✓ проверка на истекување.
- ✓ изготвување на писмен извештај за извршените проверки.

За реализација на погоре описаните активности е неопходно да се изработи план за превентивно одржување што содржи опис на активноста, начин на вршење на активноста, како и фреквенција на вршење на секоја активност одделно (ваков план најчесто постои и се наоѓа во упатството за ракување и за одржување кое е доставено од страна на производителот на опремата).

На сликата подолу е прикажан пример на образец за редовно одржување на опремата, изведен од упатство за ракување и за одржување.

YORK®		CHILLER/COMPRESSOR Operating Log								YORK Order No. _____ Compr. Ser. No. _____ Unit Ser. No. _____ Refrigerant _____	
Date	Time										
Hour Meter Reading											
Equipment Room Temp./Outdoor Temp.											
Compressor											
Suction Pressure											
Suction Temperature											
Intake Temperature											
Discharge Pressure											
Actual Discharge Temperature											
Oil Pressure											
Oil Temperature											
FLA % (Motor + Compressor)											
Oil Level (example 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oil Added (gallons or liters)											
Evap											
Inlet Temperature											
Outlet Temperature											
Pressure Drop											
Liquid Flow - GPM or l/s											
Consumer											
Air	Air On Temperature										
Air	Air Off Temperature										
Water	Inlet Temperature										
Water	Outlet Temperature										
Water	Pressure Drop										
Water	Flow Rate - GPM or l/s										
Water	Leaving Liquid Refrigerant Temperature										
Remarks:											

На сликата подолу е прикажан пример за тип на активност и за нејзината за нејзината фреквенција, препорачани од страна на производителот на опремата.

MAINTENANCE REQUIREMENTS FOR YORK YCAS SCREW CHILLERS					
PROCEDURE	WEEKLY	QUARTERLY	SEMI-ANNUALLY	YEARLY	EVERY HOURS
Check oil level in oil separator sight glass	X				
Check liquid line sight glass / moisture indicator	X				
Record system operating pressures and temperatures	X				
Check programmable operating setpoints and safety cut-outs and assure they are correct for particular application		X			
Check condenser coils for dirt/debris and clean if necessary	X				
Check compressor superheat, evaporator and economizer TXV's, Check condenser and economizer subcooling*			X		
Check compressor and cooler heaters for operation		X			
Sample compressor oil and replace oil if necessary*				X	
Leak check the chiller			X		
Disconnect power source and lock out: Check tightness of power wiring connections*				X	

* Reserved for customer use for any special site determined requirements.

This procedure must be performed at the specified time interval by an Industry Certified Technician who has been trained and qualified to work on this type of YORK equipment. A record of this procedure being successfully carried out must be maintained on file by the equipment owner should proof of adequate maintenance be required at a later date for warranty validation purposes.

Принудно одржување – одржување по доставена пријава за неисправност или за неправилно работење на системот

Неспроведувањето на редовните сервисни активности, а во определен број случаи и како последица на природни непогоди или на неквалитетно изведување на пропишаните сервисни активности, може да придонесе системот да работи неправилно или да биде неисправен (нефункционален).

Откако ќе забележат одредена неисправност или неправилно работење на уредот за ладење или климатизација, сопствениците на опрема повикуваат сервисер за отстранување на неправилноста / неисправноста.

Прв чекор кон сервисирањето на системите е дефектажа, односно утврдување на вистинските причини за неисправноста или за неправилното работење на системот. Точната дефектажа претставува 90 % успешно завршена работа.

Најчести причини за сервисирање на системите за ладење или климатизација се:

- ▶ истекување на средството за ладење.
- ▶ изгорен или оштетен компресор.
- ▶ запущен филтер-сушач.
- ▶ неисправен или оштетен термоекспанзионен вентил или запушена капилара.
- ▶ оштетен кондензатор.
- ▶ неисправни сигурносни елементи (пресостати, трансдусери и сл.).
- ▶ неисправен ревезибilen вентил кај топлинските пумпи.
- ▶ неисправен еднонасочен вентил.

Сите погоре наведени причини бараат интервенција на инсталацијата низ која струи средството за ладење. Постојат и други дефекти што се јавуваат кај системите за ладење или климатизација, но тие не бараат интервенција во кругот на средството за ладење.

По извршената дефектажа, самото сервисирање претставува процес кој се одвива во неколку чекори и тоа:

► Отстранување на средството за ладење од системот. Оваа активност се спроведува со помош на уред за извлекување или на уред за рециклирање, со методи и со постапки како што веќе беше описано.

► Замена на неисправната компонента или санирање на истекувањето. Доколку системот се сервисира заради неисправна компонента, тогаш компонентата се менува. Доколку се врши поправка на истекување, се отстранува или се санира неисправниот

спој (раздвоен или нераздвоен). Овие активности се описани во Поглавјето 4 – Цевки и типови на врски во системите за ладење и климатизација, во овој прирачник.

► Испитување на системот под притисок. Оваа постапка е детално описана во Поглавјето 3 – Проверка на истекувањето и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација.

► Вакуумирање на системот. Оваа постапка е детално описана во Поглавјето 3 – Проверка на истекувањето и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација.

► Полнење на системот. Оваа постапка е детално описана во Поглавјето 3 – Проверка на истекувањето и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација.

► Пуштање на системот во работа и проверка на работните параметри. Оваа постапка е детално описана во Поглавјето 3 – Проверка на истекувањето и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација.

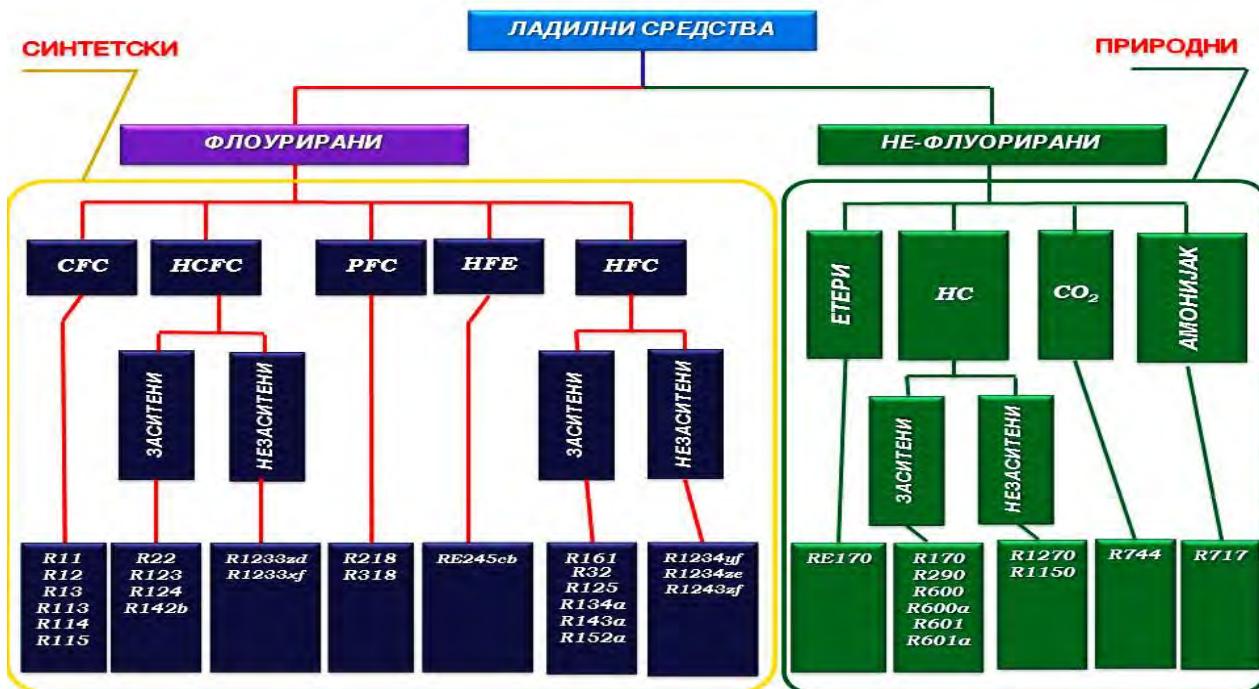
► Евидентирање на извршените активности во евидентната книшка на системот за ладење или климатизација.

Сите погоре наведени чекори се детално обработени во овој прирачник.

2.6. Промена на средството за ладење во системите за ладење и климатизација

При изведувањето на сервисирањето на системите за ладење или климатизација може да бидеме принудени да пристапиме кон замена на постоечкото средство за ладење. CFC-средствата за ладење, кои се користеле во минатото, **се забранети** за употреба и при сервисирање на системот што содржи вакво средство за ладење, секако, доколку сме се решиле за сервисирање на системот, принудени сме да пристапиме кон промена на средството за ладење. Во моментов се врши **елиминација** на HCFC средства за ладење, па во периодот што ни претстои, ќе бидеме принудени да размислуваме за промена на овие средства за ладење со некои други.

Средствата за ладење основно можеме да ги поделим на синтетски и природни. На сликата подолу е прикажана поделба на средствата за ладење на флуорирани и нефлуорирани.



Денес најраспространета е употребата на HFC-средствата за ладење. Сепак, овие средства за ладење се сметаат за транзициони и во иднина се очекува да се пристапи кон елиминација на дел од тие средства. Природните средства за ладење се дефинирани како долгорочни, но тие имаат определени специфичности. Подетален опис на овие специфичности на природните средства за ладење е даден во Поглавјето 5 – Средства за ладење, во овој прирачник.

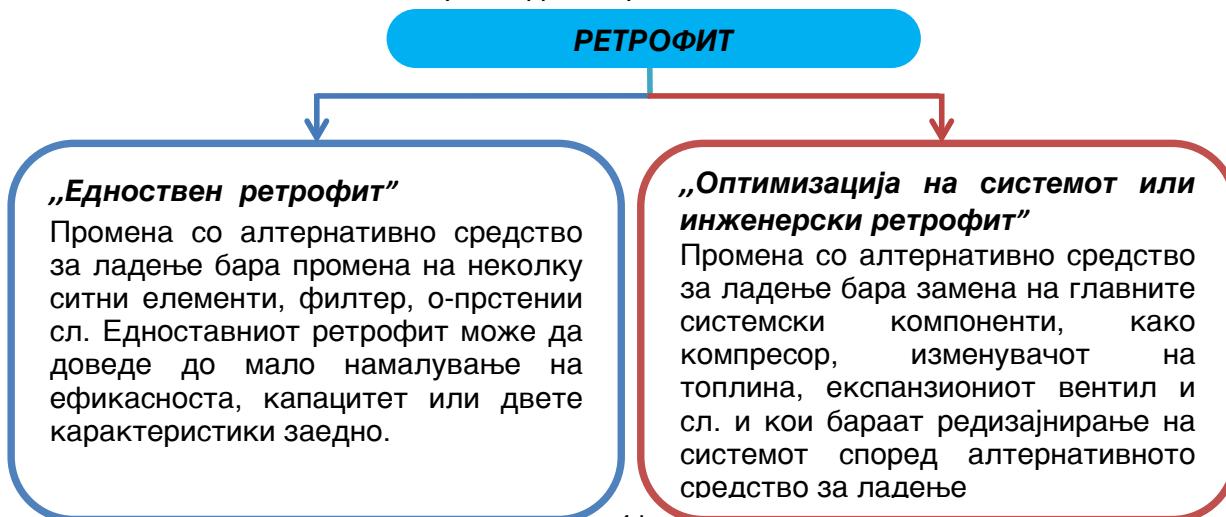
На шемата подолу е даден приказ на алтернативните средства за ладење и нивната поделба на транзициони и долгорочни.



Замената на средството за ладење во постоечки систем за ладење или климатизација може да се изврши со примена на два метода:

- ❖ „Drop – in“ – замена на постоечкото средство за ладење со ново, без дополнителни измени, освен со мало сервисирање како што е замената на филтерот-сушач.
- ❖ „Retrofit“ – замена на постоечкото средство за ладење во системот со ново, но само откако ќе бидат направени известни промени, како што е замената со нов тип на масло за подмачкување или промената на одредени компоненти од системот.

На шемата подолу е направена поделба на ретрофит постапката во зависност од обемот на активностите кои треба да се преземат.



Сепак, пред да се пристапи кон промена на средството за ладење треба да се направи поопширна анализа и да се земат предвид следниве препораки:

- За системите кои работат и се одржуваат правилно не се препорачува ретрофит се додека не дојде до посериозни нефункционалности кои бараат „отворање“ на системот заради поправка.
- Системите кои работат правилно и кај кои нема истекување, да се остават да работат без разлика дали се наполнети со средство за ладење што ја осиромашува озонската обвивка. Редовно да се контролираат на истекување.
- За постарите системи за ладење и климатизација, да се направи сеопфатна анализа и проценка за тоа дали е поисплатливо да се заменат со нови или да се врши ретрофит. Новите системи се енергетски многу поефикасни.
- Ретрофитот вклучува два типа на трошоци:
 - Трошоци за работна рака.
 - Трошоци за компонентите што треба да се променат.
- При пресметката на трошоците, треба да се има предвид дека трошоците за промена на маслото за подмачкување можат да бидат и мошне големи. Кај поголемите системи за ладење и климатизација, кои имаат сепаратори на масло, пообемна цевна мрежа, акумулатори за течност (рисивери) и слично, е потребно интензивно прочиствување за да се отстранат остатоците од минералното масло.
- Опцијата за ретрофит се разгледува во случај кога постојното средство за ладење не е веќе достапно на пазарот или цената за него е премногу висока, споредена со трошоците за ретрофит постапката.

Пред да пристапиме кон практична примена на ретрофит постапката, потребно е да направиме анализа на следното:

1. Типот на постојното средство за ладење.
2. Типот и производителите на компонентите од кои е составен системот за ладење или климатизација (компресор, кондензатор, испарувач, термоекспанзионен вентил и сл.).
3. Големината на акумулаторот за течност (рисиверот).
4. Типовите и производителите на примарните контролни уреди.
5. Типовите и производителите на секундарните контролни уреди.
6. Димензиите и должностите на цевната мрежа.
7. Висинските разлики помеѓу компресорот, кондензаторот и испарувачот.
8. Специфичностите на самиот систем.
9. Следење на работните параметри кога системот е функционален (температура и притисок на испарување и кондензација, електричните карактеристики, бараната температура на медиумот и сл.).
- 10.Историјатот на системските проблеми – дефекти (прегорување на компресорот и сл.).

Со горната напомена се укажува на фактот дека треба да се биде особено внимателен при одлуката за промена на постојното средство за ладење со ново алтернативно средство за ладење.

Еден од сегментите што беше погоре споменат е промената на компресорското масло. Овој сегмент не е значаен само при ретрофит постапката. Промената на компресорското масло претставува значителен сегмент и при сервисирањето на системот заради прегорувањето на компресорот. И во овој случај, потребно е системот да се исчисти од заостанатото старо масло со таканаречениот „Flushing“ метод.

На шемата подолу е прикажан проточен дијаграм на едноставен ретрофит со опис на активностите при изведувањето на ретрофит постапката, особено при промената на маслото.



На сликата подолу е прикажан начинот на отстранување на маслото од полу-херметски компресор под притисок со помош на азот.



Се препорачува полнењето на системот со ново масло да биде извршено при вакуумирањето на системот.



2.7. Безбедносни мерки при сервисирањето на опремата

Не постои исклучок од правилото „**Сигурниот пат е правилниот пат**“.

При сервисирањето на системите за ладење и климатизација постојат многубројни можности од повреди. Се користат определени алатки, се работи со средства за ладење кои се под притисок, кои при експанзија на атмосферски притисок можат да предизвикаат сериозни изгореници и сл. Работиме со контаминирано компресорско масло кое при контакт со очите и кожата може да предизвика инфекции и сл.



Заради тоа, користењето на личната заштитна опрема е неопходно при сервисирањето на уредот за ладење или климатизација. Не се препорачува носење на накит и украси на прстите. Се препорчива носење на заштитни ракавици, заштитни чевли, заштитни очила и заштитен шлем. Исто така, се препорачува носење на работен костим со долги ракави и ногавици.



Треба да се има предвид дека дел од средствата за ладење спаѓаат во класата на експлозивни средства, па затоа не се препорачува пушење во близина на системот и за време на работата.

Безбедноста при работата не се однесува само на носењето лична заштитна опрема. Ова подразбира користење на исправни алати за работа, чистење на алатите по завршување со работа и сл. При работење со пламен, заварување или тврдо лемење, задолжително да се земе и апарат за гасење на пожар во цилиндите за кислород и ацетilen.

Сервисните цилиндри и цилиндрите со средства за ладење да не се оставаат изложени на сонце или во простории во кои има висока температура поголема од 50 °C.

При сервисирањето на електричните компоненти задолжително да се користат изолирани алати наменети за работа со електро опрема и инсталации. Препорачливо е напонот да се исклучи при сервисирањето на електричните компоненти од системот.

Отстранетото и контаминирано масло од системот да се собере во посебни канистри. Да се внимава да не дојде во контакт со очите и со кожата.

3. ПРОВЕРКА НА ИСТЕКУВАЊЕ И ИСПИТУВАЊЕ НА ЗАПТИВНОСТА НА СИСТЕМИТЕ ЗА ЛАДЕЊЕ И КЛИМАТИЗАЦИЈА

Правилното работење на системите за ладење и климатизација во голема мерка зависи од непропустливоста на системот. Системите за ладење и климатизација се затворени системи. Сепак, овие системи имаат многу спојни елементи, многу заеднички компоненти, а сето тоа значи и многу потенцијални места за истекување на ладилното средство. Бидејќи притисоците во системот се повисоки од атмосферскиот притисок кај некои средства за ладење и многу повисоки од атмосферскиот притисок, постои постојана опасност одреден споен елемент или дел од системот да попушти и да почне истекување на средството за ладење. Недостатокот на средство за ладење во почетокот предизвикува смалување на ефикасноста на ладилниот систем и ја зголемува потрошувачката не електрична енергија. Доколку навреме не се забележи, може да предизвика оштетувања на определени компоненти на ладилниот систем, а со тоа и да се зголемат трошоците за одржување на системот. Од тој аспект, проверката на истекување спаѓа во превентивното одржување на машината.

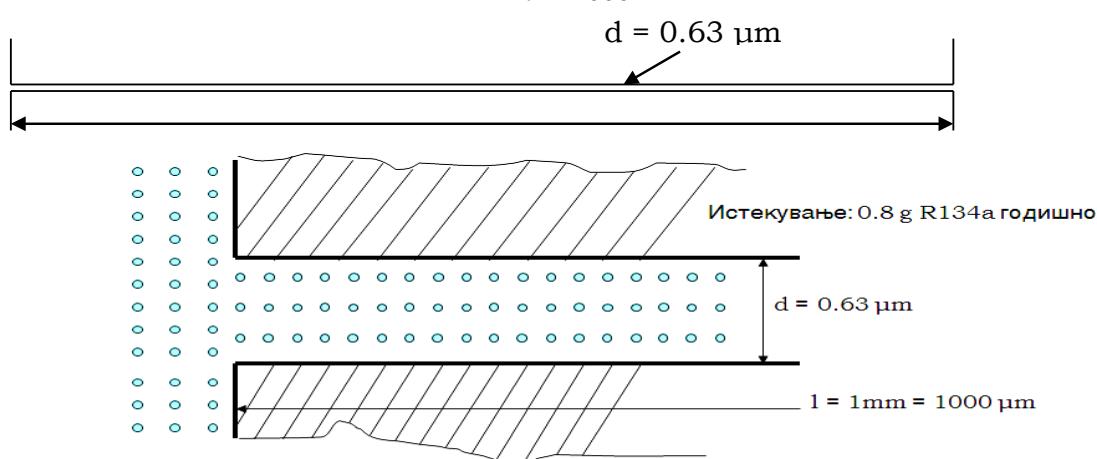
Во зависност од типот на средството за ладење, во случај на HCFC-средство за ладење, истекувањето директно влијае врз животната средина предизвикувајќи осиромашување на озонската обвивка и ефект на стаклена градина, а ако се работи за HFC – има влијание врз глобалното затоплување.

Во напорите за зачувување на животната средина, повеќето земји во светот, меѓу кои и Република Македонија, во својата национална легислатива имаат пропишано обврска за евидентирање на опремата што содржи три и повеќе килограми средство за ладење, како и редовно спроведување на проверки на истекување.

3.1. Геометрија на истекување – влијание на разликата во притисоци и во вискозноста

За да се даде поблисоко објанување за истекувањето и за влијанието на разликата на притисоци и на вискозноста, ќе го земеме за пример HFC средството за ладење R-134a.

- Претпоставуваме дека истекувањето е 8 грама / годишно.
- Имаме отвор со дијаметар од 0.63 µm.
- Должината на отворот е 1 mm.
- Апсолутниот притисок е 21 bar.
- Односот дијаметар – должина е
$$\frac{d}{l} = \frac{0,63}{1000}$$



Големина на молекула на R134a: max. $6.6 \times 10^{-4} \mu\text{m}$, што е 1000 пати помало од d !!!

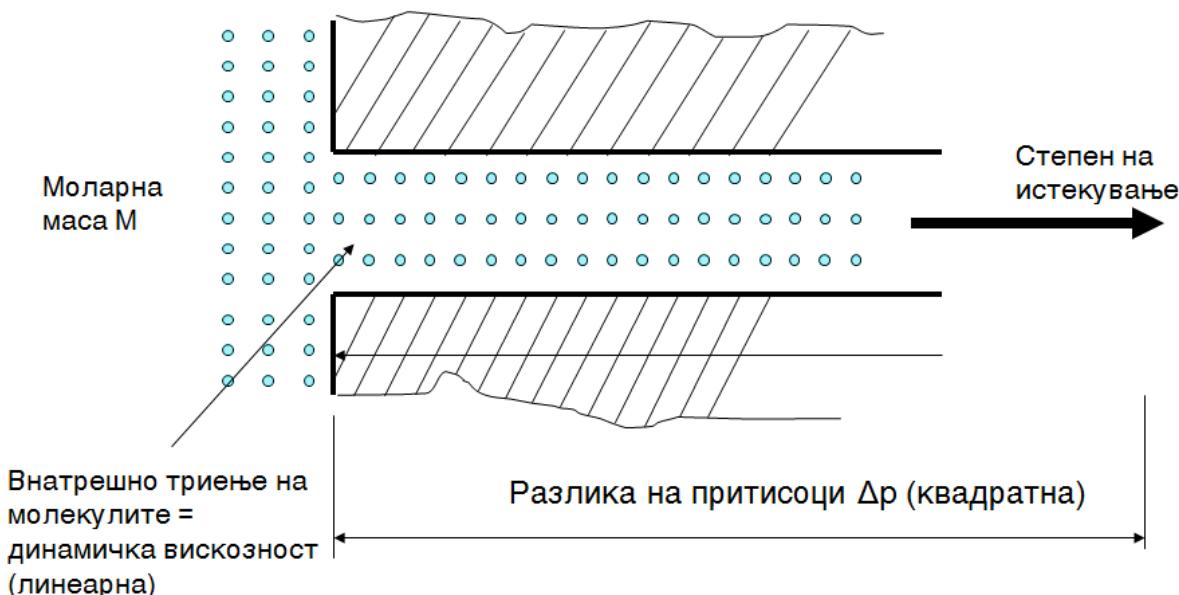
3. Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација

За истекување во форма на капилара низ кружен напречен пресек, ако ја погледнеме равенката според Hagen-Poiseuille закон

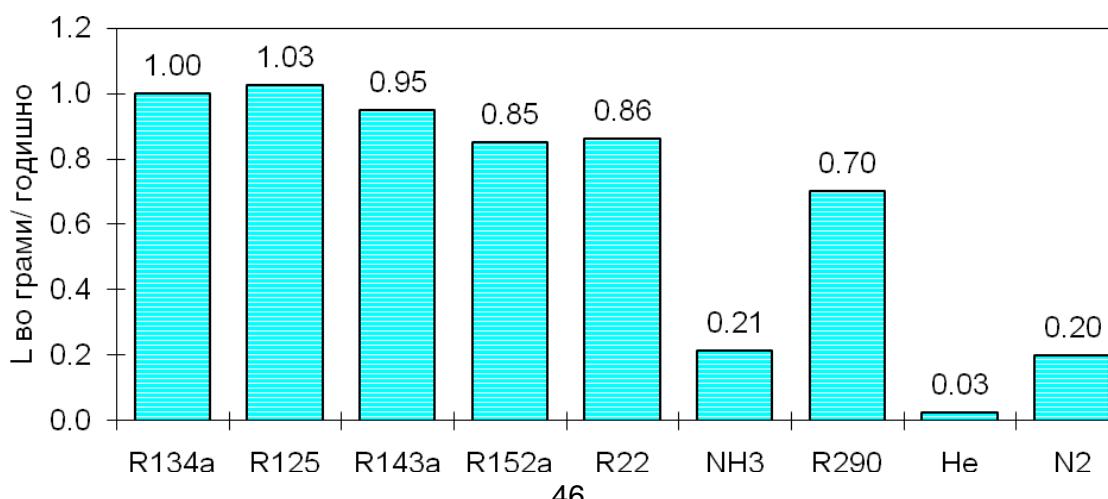
$$\dot{m} = \frac{\pi \cdot d^4 (p_i^2 - p_a^2)}{256 \cdot \eta \cdot s \cdot R_i \cdot T} \quad R_i = \frac{R}{M_{molar}}$$

за масен проток при истекување со ламинарен проток можеме да ги изведеме следните заклучоци:

- ✓ постои квадратна зависност на степенот на истекување (масниот проток) од притисокот.
- ✓ степенот на истекување како масен проток зависи од динамичката вискозност и од моларната маса на средството за ладење.



Сето погоре напоменато посочува на фактот дека при истекување на различни средства за ладење низ ист отвор, степенот на истекување има квадратна зависност од разликата на притисоците и од линеарната зависност од динамичката вискозност. Ова значи дека количината на истечено средство за ладење, за различни средства низ иста големина на отвор, не е иста. Во графиконот подолу е прикажан степенот на истекување за различни ладилни средства во споредба со степенот на истекување $L = 1$ грам R134a / годишно при константен притисок.



3.2. Критични места каде што настануваат истекувања



Вентили на висната и на потисната гранка на компресорите. Овие делови се подложни на корозија затоа што се изработени од челик. Тие можат да се оштетат при монтажа од прегревање при тврдо лемење¹ или, пак, при престегнување на елементите, ако се работи за раздвоен тип на врска.



Сервисни вентили. Ако не се отстрани иглата на вентилот при лемење или, пак, ако настанало оштетување на гумените заптивки на вентилот. Сервисните вентили секогаш треба да се затворат со капаче кое има гумен или бакарен прстен како заптивен елемент.



Раздвојни (холендерски) типови на врски. Причина за истекувањето кај овој тип на врска е олабавувањето на навртката или лошо изведенниот конус при изработка на овој тип на врска.²



На механички споеви кај прирабниците. Причина: може да биде оштетена или непроменета заптивката при промена на филтерот за влага, нерамномерно да се затегнати завртките и сл.

¹Во ладилната техника, нераздвојните врски се изработуваат со метод на тврдо лемење (brazing). Види поглавје – Цевки и типови на врски во системите за ладење и климатизација, во овој прирачник.

²Види поглавје – Цевки и типови на врски во системите за ладење и климатизација, во овој прирачник во делот за раздвојни (холендерски) типови на врски.



Сигурносни вентили. Ако системот работи со повисоки притисоци од нормално работните, може да дојде до пропуштање или до комплетно отворање на сигурносните вентили.



Каде заптивките на полухерметските компресори и компресорите кои имаат одводен погон.

На сите механички споеви на полухерметските компресори.



Воздушно ладени кондензатори. Корозија на бакарните цевки од кои е изработен кондензаторот, надворешни влијанија (механички оштетувања, оштетувања од временски непогоди како град и сл.). Континуирани вибрации во системот.



Сигурносни елементи на системот како пресостати, трансдусери и слично.



Оштетени заптивни елементи на одредени компоненти на ладилниот систем како магнетните вентили.



Капиларни цевки кај термоекспанзионите вентили.
Кај капиларните елементи заради вибрации, механички оштетувања и сл.



На кривини од изменувачите (кондензатори или воздушни испарувачи). Заради корозија на бакарната цевка од агресивна средина во индустриски погони. Дебелината на овие елементи е помала од дебелината на бакарните цевки, кои се користат при поврзување на компонентите на системот.

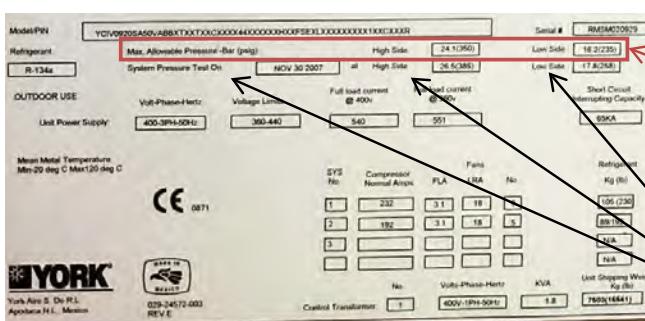
➤ Фактори што придонесуваат за појавата на истекување

Постојат повеќе фактори што придонесуваат за појавата на истекување и тоа:

- Конструкцијата на системот и квалитетот на елементите што се користени.
 - Типот на спојни елементи и квалитетот на лемењето.
 - Како цевките се свитки и прицврстени.
 - Вибрации при работа.
 - Квалитетот на изведените тести под притисок при инсталирањето на опремата пред првичното полнење.
 - Неправилно и нестручно одржување на системите.

3.3. Испитување на заптивноста (непропопустливост), вакуумирање и попнење на системите за ладење и климатизација

Испитувањето на заптвивноста на системите е стандардна работна процедура кај системите за ладење и климатизација. Пред системот да ја напушти фабриката се врши првото испитување на заптвивноста. Производителите имаат обврска не само да го извршат ова испитување, туку резултатите од ова испитување да ги евидентираат, а кај поголемите системи информациите за нив се наоѓаат на самата опрема или се приложени со самата документација за опремата.



Информација за максимално дозволените притисоци на компонентите од системот на високата и на ниската

Информација за испитувањето на системот под притисок од страна на производителот

3. Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација

По завршувањето со инсталација на опремата, доколку инсталацијата на системот се врши на самото место, задолжително се врши испитување на заптивноста, пред полнењето на системот со средство за ладење.

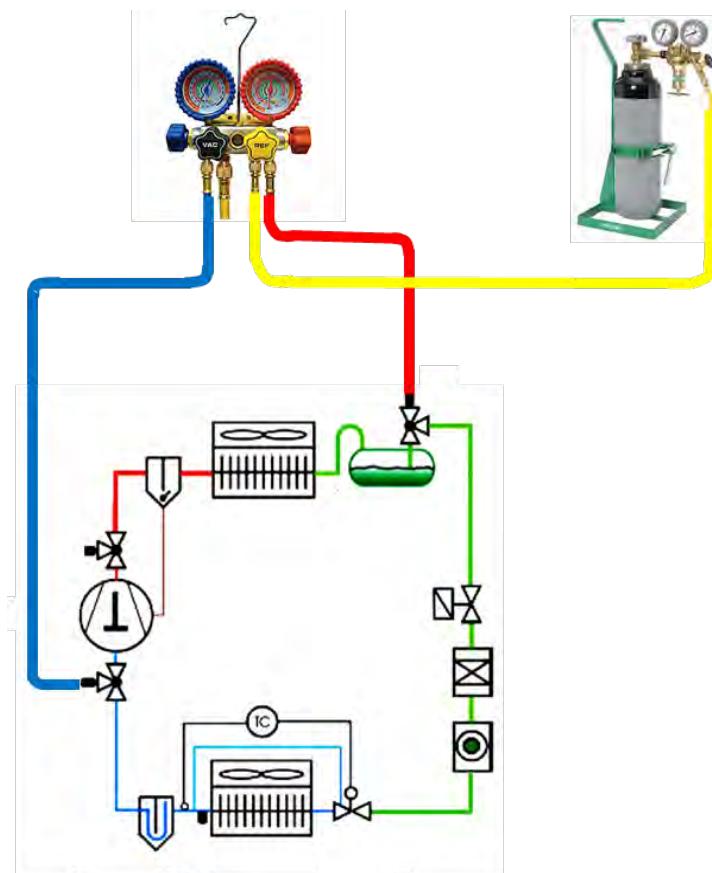
По секоја извршена поправка заради истекување на средството за ладење задолжително се врши проверка на заптивноста на системот. Испитувањето на заптивноста на системот се врши со ставање на системот под притисок. Притоа се препорачува да се користи сув азот – без кислород (OFDN)³. Сервисерот треба да му напомене на дистрибутерот на гасот дека истиот треба да е без кислород, односно да бара сув азот. **Никогаш да не се користи кислород за испитување на системот под притисок.**

Пред почетокот на испитувањето, треба да се земат предвид следните карактеристики на системот:

- ✓ Максимално дозволените притисоци на компонентите на системот, посебно на високата и посебно на ниската страна.
- ✓ Ако се забележи поголемо истекување при почетокот на испитувањето, тоа најпрвин да се санира, па потоа да се повтори испитувањето. Ова истекување може да ни го одвлече вниманието и да останат незабележани истекувањата кои се од помал обем.
- ✓ Компонентите и врските што се испитуваат да бидат чисти и обезмасстени.

3.3.1. Испитување на системот под притисок

На шемата подолу е прикажан стандарден начин на поврзување на опремата и ставање на системот под притисок.



Се поврзува регулаторот на притисок на азотниот цилиндер со манометарската група.

Се поврзува високопртисниот излез на манометрската група со сервисниот вентил на високата страна и нископртисниот излез на манометарската група со сервисниот вентил на нископртисната страна на системот.

Важно: Пред почетокот на испитувањето задолжително да се подеси регулаторот на притисок на азотниот цилиндер.

Се препорачува притисок од 10 бари за испитување.



Секако, потребно е да се проверат максимално дозволените притисоци на компонентите на ниско пртиснатата страна.

³Oxygen free dry Nitrogen (OFDN).

3. Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација

По постигнувањето на притисокот во системот следи проверката која може да биде комбинација од неколку типа на проверки и тоа:

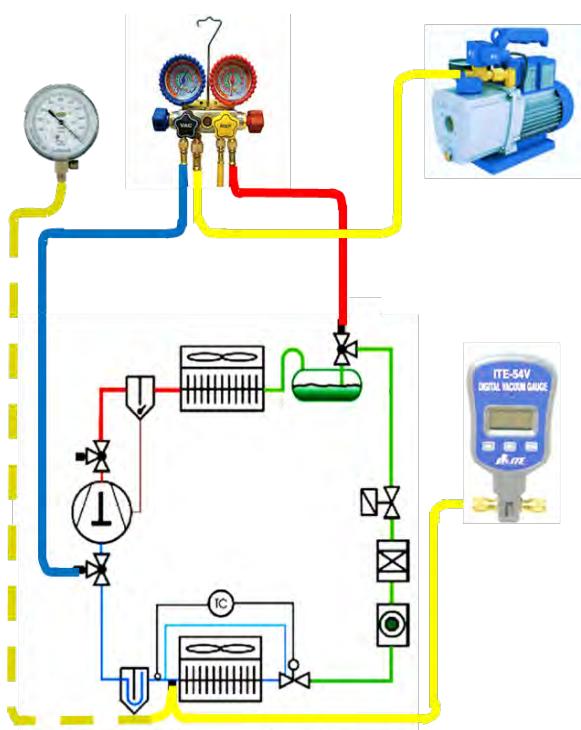
- ✓ Стандарден тест за пад на притисокот. Системот се остава определен временски период (најмалку 15 минути) и се проверува дали притисокот е непроменет или има тенденција за намалување на притисокот.
- ✓ Тестирање на критичните места⁴ со сапуница (особено навојните спојни елементи).
- ✓ Проверка на останатите критични места со помош на електронски детектор на истекување (детектира истекување на азот).



Само колку за потсетување на она што веќе беше напоменато,⁵ доколку повторно го погледнеме графиконот на страница 2, може да се забележи дека при истекување на 0.2 грама азот на годишно ниво при одреден притисок, подразбира еквивалентно истекување на 1 грам/годишно R134a, 0.86 грама/годишно R22 или 0.7 грама/годишно R290.

3.3.2. Вакуумирање на системот

По извршеното испитување на системот под притисок, потребно е системот да се вакуумира. Вакуумирањето на системот е само потврда за заптивноста на системот. Вакуумирањето е задолжителна сервисна активност пред полнењето на системот со средство за ладење. Со вакуумирањето се отстрануваат некондезирачките гасови во системот, како азотот или воздухот кој евентуално е навлезен во системот, а, исто така, се отстранува и акумулираната влага што е навлезена во системот при инсталирањето или при неговото сервисирање.. На шемата подолу е прикажан стандардниот начин на вакуумирање на системот. Се препорачува користење на вакуумметар, и мерење на вакуумот на самиот систем.



Вакуумирањето на системот се одвива на следниот начин:

- Се поврзува вакуум пумпата со манометарската група. Според можноста, да се користи поголемо и пократко црево (9.52 mm или 3/8"), со што се намалува времето потребно за вакуумирање. Стандардните флексибилни црева (1/4") имаат ограничувања во протокот и потешко е да се постигне вакуум што е потребен.
- Препорака е системот да се вакуумира до притисок од 0.5 mbar (50 Pa, 375 micron), или пониско.
- По постигнувањето на овој вакуум се затвораат вентилите на манометарската група и се остава системот одреден временски период, следејќи дали има промена на вакуумот.
- Најкраток препорачан временски интервал е 15 минути. Во овој период, дозволеното нарушување на вакумот изнесува 1mbar.

⁴ 5.2. Критични места каде што настапуваат истекувања (страница 3 од ова поглавје).

⁵ 5.1. Геометрија на истекување – влијание на разликата на притисоците и на вискозноста.

Препорачливо е системот да се остави во вакуум подолг временски период. Доколку се забележи дисконтинуирано нарушување на вакуумот, односно зголемување на притисокот и потоа неговото стабилизирање и останување во константа, оваа промена укажува на присуството на влага во системот, и потребно е да се продолжи со вакуумирање. Доколку, пак, има континуирано нарушување на вакуумот, оваа промена укажува кон истекувањето и потребно е повторно да се изврши испитување на системот под притисок.

По успешно завршената процедура на вакуумирање системот е подготвен за полнење со средство за ладење.

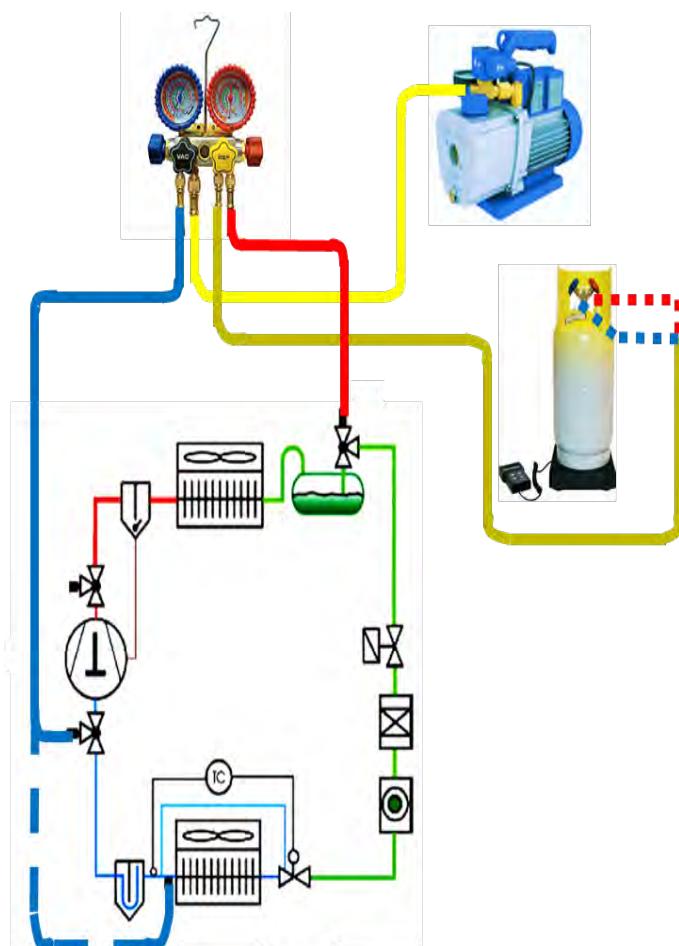
3.3.3. Полнење на системот со средство за ладење

На шемата подолу е прикажан стандарден начин на полнење на системот со средство за ладење. Полнењето на системот може да се врши во гасовита или во течна фаза. При полнењето на системот, **задолжително се користи вага, да се мери и да се евидентира количеството на средство за ладење** со кое системот е наполнет.

Потребно е цревата да се вакуумираат за да се спречи воздухот од цревата да навлезе во системот.

При полнење на системот, важно е да се обрне внимание на следните операции:

- да не се вклучува компресорот додека системот е во вакуум.



- да се користи додека системот е во вакуум, да се наполни со течност високо потиснатата страна (рисивер танкот).

- да се проверат и да се отворат сите вентили и присилно да се отвори електромагнетниот вентил.

- да се биде особено внимателен при полнење на ниско притиснатата страна со течна фаза. Течност во големи количини не смее да навлезе во компресорот. Поплавувањето на компресорот со течност може да предизвика „хидрауличен удар“ и да го оштети компресорот.

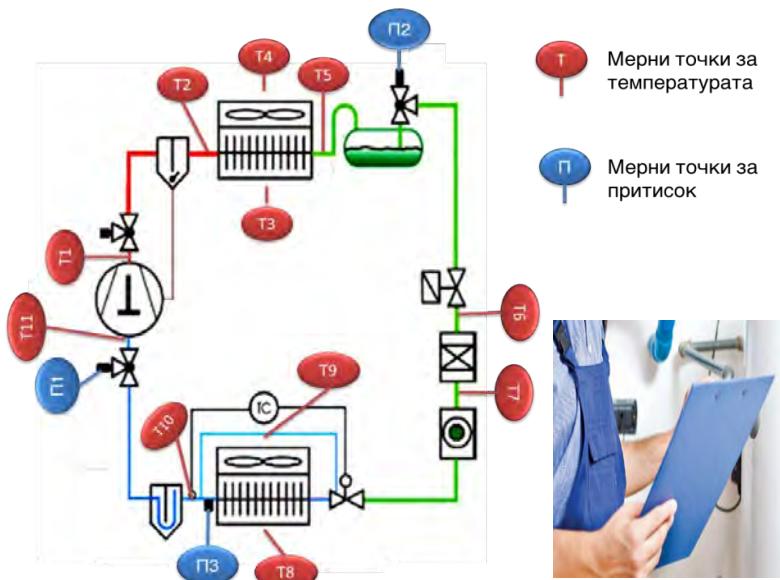
- Еднокомпонентните средства за ладење можат да се полнат во течна или во гасовита фаза. Мешавините, неазеотропните средства за ладење со ознака R4XY**, како и зеотропните средства за ладење се полнат само во течна фаза.

- При полнење на системот за кој не ни е позната количината на полнење, потребно е да го наполниме него додека не се деактивира заштитата од низок притисок. Потоа го вклучуваме компресорот и го полниме системот внимателно сé додека не се постигнат работните параметри.

3. Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација

- Задолжително да се запише количеството на полнење во евидентната книшка⁶

- По завршувањето со полнење е потребно да се проверат работните параметри, да се проверат, а доколку е потребно и да се подесат контролните и сигурносните уреди на системот. На шемата подолу се прикажани мерните контролни точки за температура и притисок што ќе ја убедат дека системот работи исправно.



Добрата сервисна практика предвидува и подготовка на работен извештај во кој се внесуваат информациите за измерените работни параметри. Некои европски земји имаат воведено образец кој е во стандардизиран вид и формат, додека во некои земји се применува образец изработен од асоцијацијата на сервиси како генерализиран образец.

Во табелата што следи, прикажан е еден можен примерок на работен извештај кој се составува по подесувањето и по мерењето на работните параметри.

ИНФОРМАЦИЈА ЗА СЕРВИСЕРОТ				
Име и презиме на сервисерот				
Контакт телефон / e-mail адреса				
Уверение / лиценца број				
ИНФОРМАЦИЈА ЗА ИНСТАЛАЦИЈАТА / ЗА ПРИМЕНАТА НА ОПРЕМАТА				
ЕВИДЕНТЕН БРОЈ НА ОПРЕМАТА				
Намена на опремата	Модел			
Датум на почеток на работата	Датум за завршување на работата			
РАБОТНИ ПАРАМЕТРИ				
Тип на средство за ладење	Полнење со ладилно средство во кг.			
Тип на масло за подмачкување	Полнење со масло за подмачкување во лит.			
Притисок на всис на компресорот П1	Притисок на кондензација П2			
Притисок на испарување П3				
Температура на средството за ладење на излез од компресорот Т1	Температура на средството за ладење на влез во кондензаторот Т2			
Температура на воздухот / водата на влез во кондензатор Т3	Температура на воздухот / водата на излез од кондензатор Т4			
Температура на средството за ладење на излез од кондензатор Т5	Температура на средството за ладење на влез во филтерот / дехидраторот Т6			
Температура на средството за ладење на излез од филтерот / дехидраторот Т7	Температура на воздухот / водата на влез во испарувачот Т9			
Температура на воздухот / водата на излез од испарувачот Т9	Температура на средството за ладење на излез од испарувачот Т10			
Температура на средството за ладење на влез во компресорот Т11				
Притисок на заштитен пресостат за низок притисок – поставена вредност	Притисок на заштитен пресостат за висок притисок – поставена вредност			
ЕЛЕКТРИЧНИ ПАРАМЕТРИ				
Влезен напон во волти	L1	L2		
		L3		

⁶ Види поглавје 3.4. Проверка на истекување.

3. Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација

Измерена струја по фази на компресорот во ампери	L1	L2	L3
Забелешка:			

Потпис на сервисерот	Датум
----------------------	-------

3.4. Проверка на истекувањето

Проверката на истекувањето е неизбежна работна операција при контрола и при сервисирање на системите за ладење и климатизација.

Истекувањата кај опремата за ладење и климатизација можат да бидат поделени во три категории:

- ❖ хавариски истекувања.
- ❖ ненамерни истекувања.
- ❖ истекувања настанати при сервисирање (празнење, полнење, прочистување – лоша сервисна практика).

Проверката на истекување е работна операција што се практикува од две причини:

- Технички задолжителна сервисна обврска.
- Законска обврска.



3.4.1 Технички задолжителна сервисна обврска

По завршувањето со полнење на системот со средство за ладење, без оглед дали се работи за инсталирање на нова опрема или за сервисирање на постоечка опрема, по извршеното мерење и подесување на работните параметри задолжително се врши проверка на истекување, иако претходно веќе сме извршиле испитување на заптивноста и вакуумирање на системот.

Критичните места каде што може да се појават истекувањата се описаны во поглавјето 3. 2 – Критични места каде што настануваат истекувања.

Постојат неколку начини за проверка на истекувањето од кои некои веќе беа напоменати.

✓ Проверка на истекувањето со сапуница



Во продажба за наоѓаат и спрејови за истекување.



Тие не се корозивни и имаат висока вискозност.

Во зависност од типот на средството за ладење, осетливоста на овој метод се согледува во откривањето на истекувањата од 250 грама на годишно ниво и повисоко.

✓ *Проверка на истекувањето со електронски детектори на истекување*

Овие алатки минаа низ неколку генерации на надградба. Првата генерација на овие алатки за проверка на истекувањето имаше проблем со осетливоста на уредот ико неможноста да се одвојат определени концентрации на останати гасови во околината на уредите за ладење и климатизација, а кои не се од самото средство за ладење. Овие уреди не се наоѓаат во продажба.

Втората генерација на овие уреди веќе беше подобрена, но главни недостатоци се одржувањето на стабилноста на осетливост при подолг период на користење и границата на осетливост на детектирање на истекувањето која се движи околу 30 грама на годишно ниво. Иако многу ретко, сепак, тие се уште може да се најдат во продажба.

Третата генерација на овие уреди наоѓа се поширока примена од страна на сервисите на уредите за ладење и климатизација и во развиените земји веќе претставува една од основните алатки, кои сервисот треба да ги поседува. Овие електронски детектори на истекување се стабилни при подолг период на користење, имаат можност за калибрација со пуфер, ги анулираат останатите гасови што се во просторот каде што се врши проверката, а поседуваат и можност за нулто калибрирање (пред почеток со работа да се самокалибира со што ќе го оневозможи влијанието на концентрација на средство за ладење кај уред што истекува во затворен простор, ако претпоставиме дека просторот е веќе контаминиран). Осетливоста на уредите е од детекција на истекувања од 3 грама на годишно ниво. Тие можат да бидат наменети за HCFC и HFC средствата за ладење, а има и уреди кои детектираат истекување на HC средства за ладење.



Слика 1: Калибраирање на уредот со пуфер



Слика 2: Електронски детектор на истекување од третата генерација и проверка на истекувањето на уредот за ладење со електронски детектор на истекување.

✓ **Проверка на истекувањето со УВ детектори на истекување**

Оваа постапка на истекување се применува кога има истекувања од системот кои не сме во можност да ги откриеме со помош на останатите методи. Најчесто се работи за истекувања во сакето на воздушно-ладените кондензатори или испарувачи.



Комплетот се состои од следните елементи:

- УВ батериска ламба (100 вати).
- Посебно средство (течност) која се вбризгува во системот.
- Црево со приклучоци.
- Рачна пумпа за вбризгивање на средството.
- Очила.

Средството се вбризгува во системот и се остава системот да работи во временски период од неколку часа. Средството циркулира во системот заедно со средството за ладење и на местото каде што истекува остава флуоросцентна трага.



Со помош на УВ батериската ламба и на очилата го прегледуваме системот на сите недостапни места. Местата каде што се јавува истекување се видливи благодарение на флуоросцентната трага.

Главен недостаток на оваа постапка е што по откривањето на истекувањето, комплетниот систем задолжително се чисти, комплетно се менува маслото за подмачкување и средството за ладење што е контаминирано.

3.4.2 Законска обврска

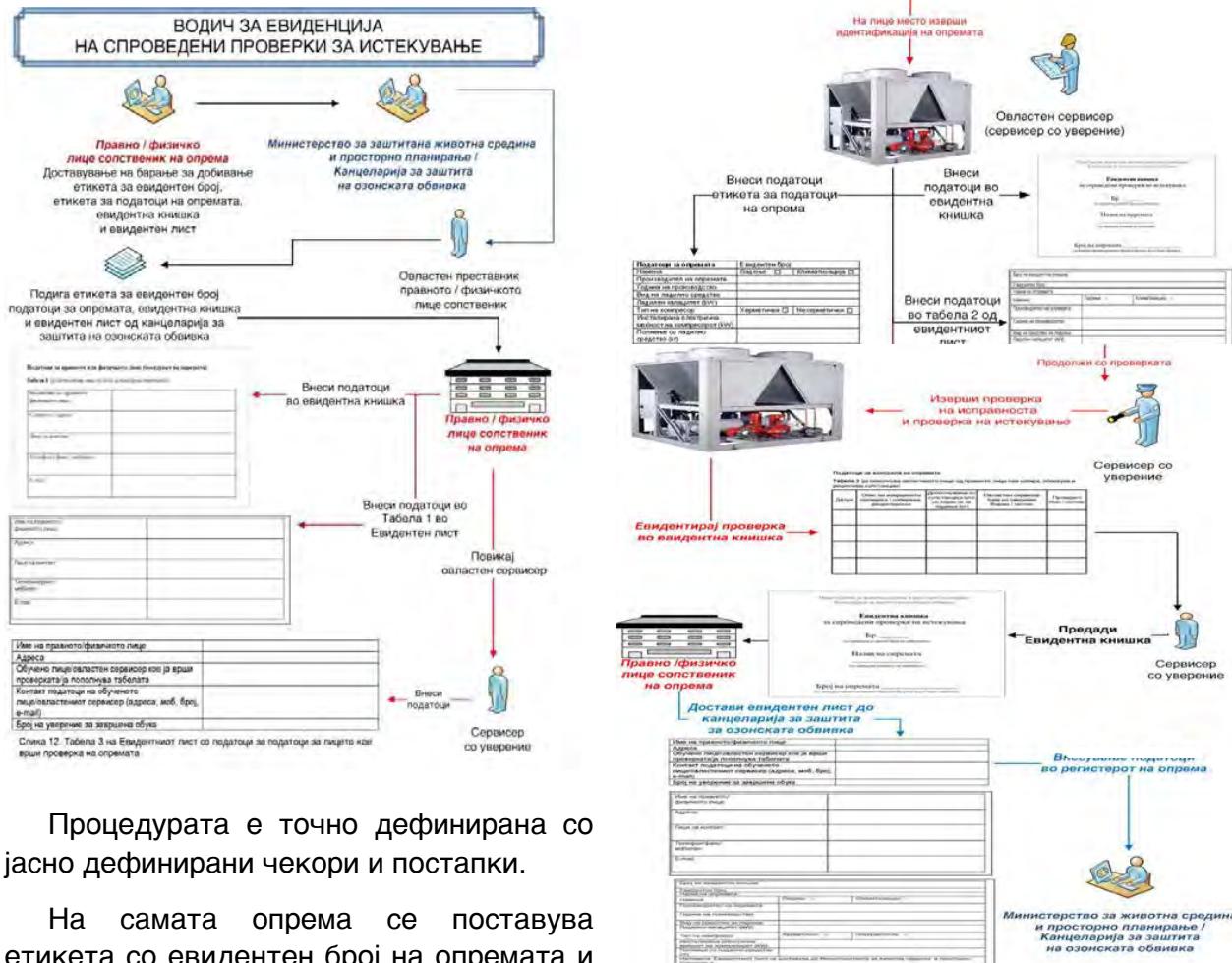
Во согласност со легислативата во Република Македонија⁷, постои законска обврска за евидентија на опрема што содржи три и повеќе килограми средство за ладење. Ова подразбира дека секое правно или физичко лице кое поседува опрема, што содржи три или повеќе килограми на средство за ладење има законска обврска да ја евидентира неа. Евидентирањето на опремата, референтните документи потребни за евидентија на

⁷ Службен весник на РМ, број 85 од 12.06.2013 год. – Правилник за собирање, обновување и рециклирање на супстанциите што ја осиромашуваат озонската обвивка.

3. Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација

опремата и постапката за евидентирање на опремата се детално описаны во водичот за евидентирања на спроведени проверки на истекување кај опрема што содржи три или повеќе килограми средство за ладење. Водичот е достапен за премање на Интернет страницата на канцеларијата за заштита на озонската обвивка: www.ozoneunit.gov.mk. Канцеларијата за заштита на озонската обвивка при Министерството за животна средина и просторно планирање води евидентирања на евидентираната опрема во регистарот на опремата.

На сликите што следат е прикажана проточната шема за тоа како се одвива процесот на евидентирања на опремата.



Процедурата е точно дефинирана со јасно дефинирани чекори и постапки.

На самата опрема се поставува етикета со евидентен број на опремата и основни технички податоци за опремата.



Министерство за животна средина и просторно планирање Канцеларија за заштита на озонската обвивка	
Евидентна книшка за спроведени проверки на истекувања	
Бр. <u>0072</u> (се наведува редниот број на книшката)	
Назив на опремата <u>Ладилен агрегат - чилер</u> (се наведува називот на опремата)	
Број на опремата <u>EKW2282</u> (се наведува производствениот број или бројот кој се води на опремата)	

Се отвора евидентна книшка со соодветен број каде што се забележуваат сите сервисни активности за опремата и сите редовни законски пропишани проверки на истекувањето.

3. Проверка на истекување и испитување на заптивноста на системите за ладење и климатизација

На третата страна од евидентната книшка во табелата број 3 се внесуваат информациите за извршените сервисни активности и редовните проверки на истекувањето.

На сликата подолу е прикажана табелата 3 од евидентната книшка, како и начинот на нејзиното пополнување.

Податоци за контрола на опремата

Табела 3 (ја пополнува овластеното лице од правното лице кое собира, обновува и рециклира супстанции)

Датум	Опис на извршената проверка / собирање, рециклирање	Дополнување со супстанција што се користи за ладење (кг)	Овластен сервисер Број на уверение Фирма / потпис	Проверил Име / потпис
02.04. 2015	Извршена е проверка на истекување	Не е дополнето	ВАСИЛ ЕФТИМОВ 15/2013	
			Ова поле е резервирано за потпис на инспекторот за животна средина	

Согласно член 4 од Правилникот за начинот на собирање, обновување и рециклирање на супстанции што ја осиромашуваат озонската обивка, Службен весник на РМ, бр. 85 од 2013 година, законски предвидената фреквенција на проверки на истекувањето е:

- ✓ Проверка на опремата која содржи супстанции во количина од 3 или повеќе килограми еднаш годишно.
- ✓ Проверка на опремата која содржи супстанции во количина од 30 или повеќе килограми на секои шест месеци.
- ✓ Проверка на опремата која содржи супстанции во количина од 300 или повеќе килограми на секои три месеци
- ✓ Санирање на секое откриено истекување колку што е можно побрзо, а најкасно во рок од 14 дена.
- ✓ Проверка на опремата од истекување во рок од 1 месец по спроведеното санирање на истекувањето, за да се осигураме дека поправката има ефект.
- ✓ Евиденција на проверките на истекувањата на опремата.

Проверката на истекувањето може да ја спроведува само сервисер со уверение за завршена обука за сервисирање на опремата за ладење. Откако ќе се премине на системот на лиценци (од 01. 01. 2017 година), проверката на истекување ќе може да ја спроведува само сервисер кој поседува соодветна категорија на лиценца.

4. ЦЕВКИ И ТИПОВИ НА ВРСКИ ВО СИСТЕМИТЕ ЗА ЛАДЕЊЕ И КЛИМАТИЗАЦИЈА

4.1 Бакарни цевки

Главните компоненти на еден ладилен систем или на уредите што се користат за климатизација семејусебно поврзани со цевки. Од особено значење е цевната мрежа да се изведе на чист и на правilen начин.

Најчесто користени цевки во ладилните системи и во системите за климатизација се бакарните. Сепак, покрај бакарните цевки се користат и алуминиумски, челични и цевки од неѓосувачки челик. Во инсталациите со корозивни ладилни средства, како амонијакот, на пример, или кога опремата е сместена во корозивна атмосфера, како на пример во хемиската индустрија, се користат цевки од неѓосувачки челици за да се спречат истекувања настанати поради корозија на цевките.

Во овој прирачник ќе бидат опфатени бакарните цевки како најраспространети. Сите бакарни цевки што се користат во ладилната техника и уредите за климатизација се произведуваат на начини што овозможуваат чистота и сувост во внатрешноста на цевките.

Бакарните цевки што се наоѓаат во продажба, генерално, можеме да ги поделиме на два типа и тоа:

- Бакарни цевки што се користат во систем за водоснабдување и греење, т.н. „номинална големина“ (nominal size). Тие не се чисти и суви однатре и затоа **не се употребуваат во системите за ладење и климатизација**.
- Бакарни цевки кои се користат во системите за ладење и климатизација, т.н. „АЦР“ (Air conditioning and Refrigeration). За да се отстрани опасноста од оксидација во внатрешноста на цевката, овие цевки се затворени на краевите.

Тие можат да се најдат во т.н. мек (во котур) и тврд вид (во форма на прачки). И двата вида се наоѓаат со различна дебелина на сидовите.



Мек бакар – во котур



Тврд бакар – во прачки

Меките бакарни цевки се користат во домашните и во помалите комерцијални уреди за ладење и климатизација.

Тврдиот бакар се користи во комерцијалните уреди за ладење и климатизација.

4. Цевки и типови на врски во системите за ладење и климатизација

Во табелата што следи се прикажани стандардните димензии на бакарни цевки во котур според европските стандарди:

ЕВРОПСКИ СТАНДАРД цевки во котур					
Дијаметар (инчи)	Должина (м)	Дебелина на сид (мм)	Дијаметар (мм)	Должина (м)	Дебелина на сид (мм)
3/16"	50	1	4	25	1
1/4"	30	1	6	25	1
5/16"	50	1	8	25	1
3/8"	30	1	10	25	1
1/2"	30	1	12	25	1
5/8"	30	1	15	25	1
3/4"	15	1	16	25	1
7/8"	15	1	18	25	1
			22	25	1

АМЕРИКАНСКИ СТАНДАРД цевки во котур		
Дијаметар (инчи)	Должина (фит)	Дебелина на сид (мм)
1/8"	50	0.76
3/16"	50	0.76
1/4"	50	0.76
5/16"	50	0.81
3/8"	50	0.81
1/2"	50	0.81
5/8"	50	0.89
3/4"	50	0.89
7/8"	50	1.14
1 1/8"	50	1.21
1 3/8"	50	1.4
1 5/8"	50	1.52

Во следната табела се прикажани стандардните димензии на цевки во прачки:

АМЕРИКАНСКИ СТАНДАРД цевки во прачки		
Дијаметар (инчи)	Должина (фит)	Дебелина на сид (мм)
3/8"	16.4	0.76
1/2"	16.4	0.89
5/8"	16.4	1.02
3/4"	16.4	1.07
7/8"	16.4	1.14
1 1/8"	16.4	1.21
1 3/8"	16.4	1.40
1 5/8"	16.4	1.53
2 1/8"	16.4	1.78
2 5/8"	16.4	2.03
3 1/8"	16.4	2.29
3 5/8"	16.4	2.54
4 1/8"	16.4	2.79

Во следната табела се прикажани стандардите димензии на цевки според европскиот стандард:

ЕВРОПСКИ СТАНДАРД цевки во прачки			
Дијаметар (инчи)	Дебелина на сид (мм)	Дијаметар (мм)	Дебелина на сид (мм)
1/4"	1	6	1
3/8"	1	8	1
1/2"	1	10	1
5/8"	1	12	1
3/4"	1	15	1
7/8"	1	16	1
1"	1	18	1
1 1/8"	1	22	1
1 3/8"	1.24	28	1.5
1 5/8"	1.24	35	1.5
2 1/8"	1.65	42	1.5
2 5/8"	2.10	54	2
3 1/8"	2.50	64	2
3 5/8"	2.50	76	2
4 1/8"	2.50	89	2
		108	2.5

Правилниот избор на димензиите на цевниот развод е многу важен. Падот на притисокот во цевниот развод има влијание врз ладилниот капацитет на системот. Падот на притисокот во цевниот развод не само што придонесува за намалување на ладилниот капацитет на системот, туку има влијание и врз зголемувањето на потрошувачката на електрична енергија на компресорот.

Заради тоа, при димензионирањето на цевниот развод треба да се внимава на следниве параметри:

- Падот на притисокот.
- Брзината на струење на ладилното средство.
- Враќањето на компресорското масло.

4.2. Начини на сечење на бакарните цевки

При составувањето на еден ладилен уред за климатизација или ладење започнуваме со кројење на цевниот развод, односно со отсекување на бакарните цевки што ги користиме за поврзување на компонентите. Тоа на што треба да се обрне внимание е цевките да бидат со точни димензии, да не бидат напрекнати или притиснати и да бидат прицврстени на определени места на системот.

Особено е важно по завршување на сечењето да нема заостаток од бакарни струготини во внатрешноста на цевката.

Препорачан метод за сечење на бакарните цевки е со помош на алатката секач за бакар. На пазарот се наоѓаат секачи со кои може да се пресече бакарна цевка во форма на котур или прачка со дијаметар од 1/8 инч до 2 инчи. За поголеми пречници на бакарни цевки, над 2 инчи, препорачано е користење на бонсек. При користење на бонсек, важно е да се забележи дека листот за сечење треба да има 32 запци на должина од 1 инч (25.4 миллиметри). Цевката што се сече е важно да биде права и рамно исечена за да биде подготвена за натамошна употреба.

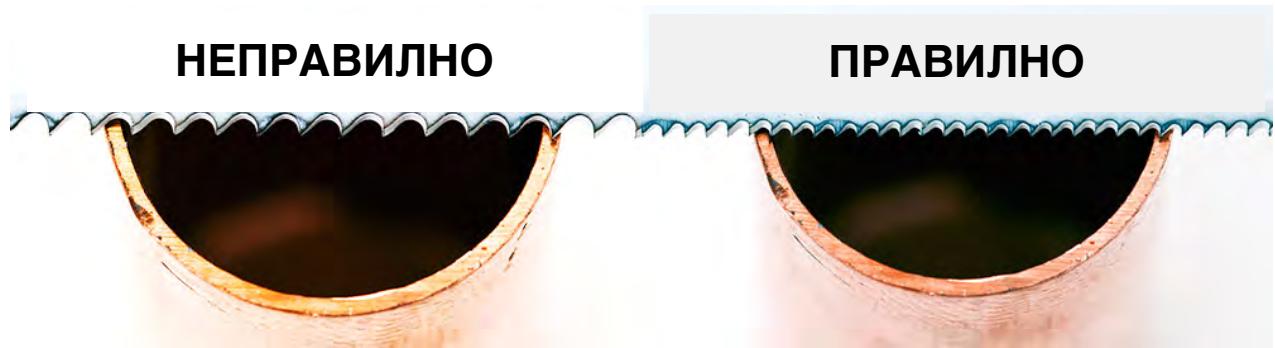
Постојат различни видови на секачи за бакарните цевки што опфаќаат определени големини на бакарната цевка.



Слика 1: Секачи за бакарни цевки.

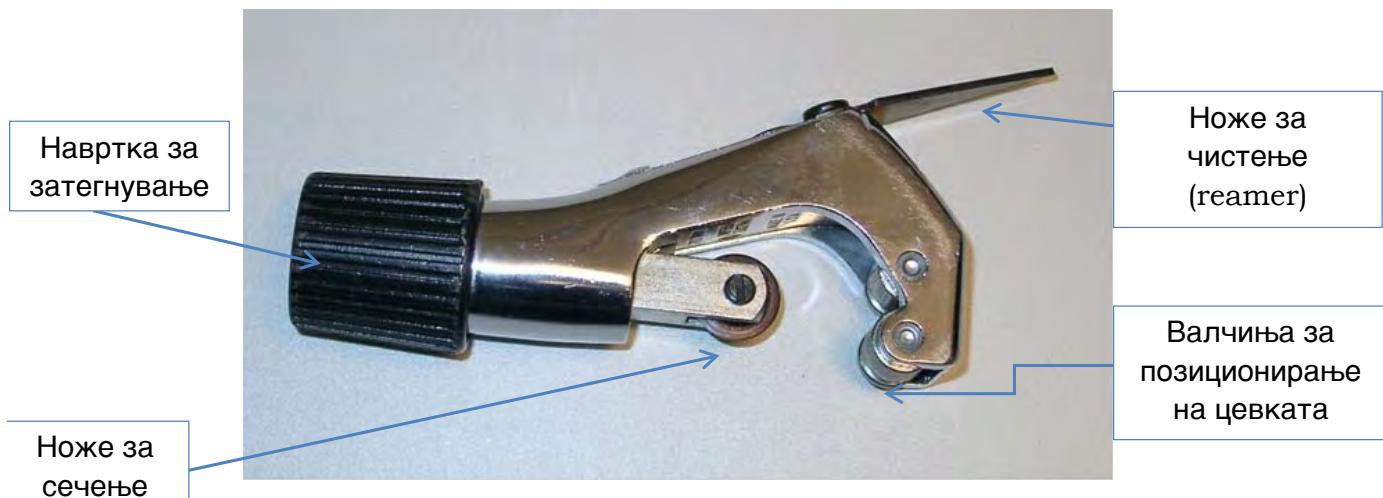
Уште еднаш се напоменува да се внимава и да не се дозволи струготини или други материјали и нечистотии да навлезат во внатрешноста на цевката.

На сликата 2 е прикажано како изгледа пресекот при сечење со бонсек, со лист со правилен број на запци.



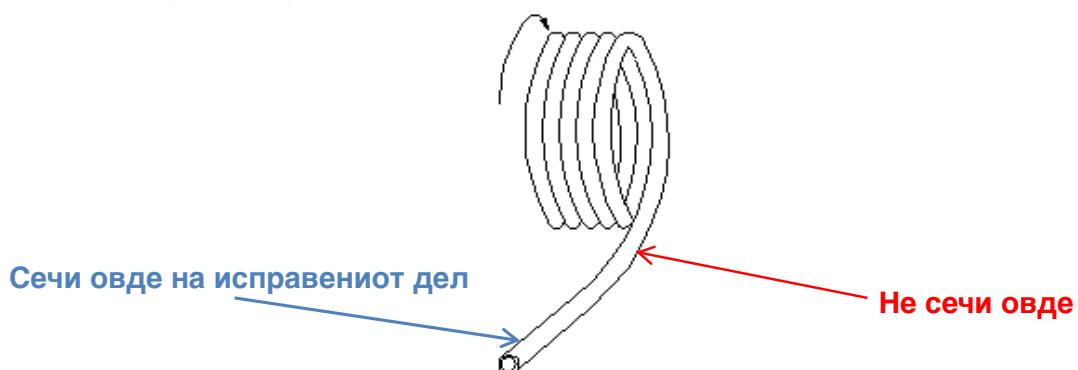
Слика 2: Пресек на бакарна цевка со различен број на запци на листот од бонсекот.

Типичен секач за бакар, кој е стандардна алатка на секој сервисер, се состои од следниве елементи:

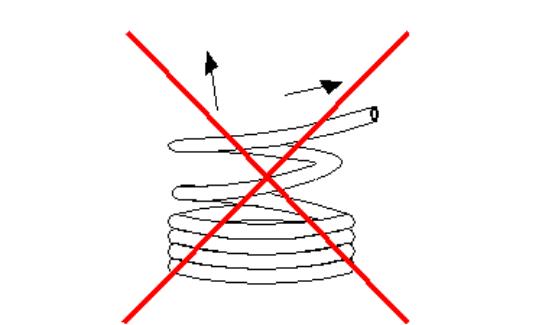


Слика 3: Типичен секач за бакар со елементи од кои е составен.

Пред почетокот на сечењето, доколку се работи за цевка во котур, многу е важно цевката да се исправи.



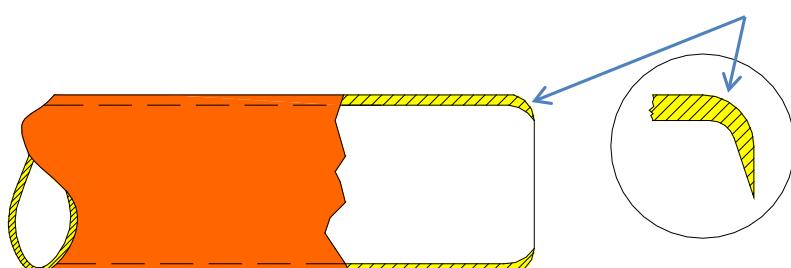
Слика 4: Правилен начин на исправување на котурот.



Слика 5: Неправилен начин на исправување на котурот.

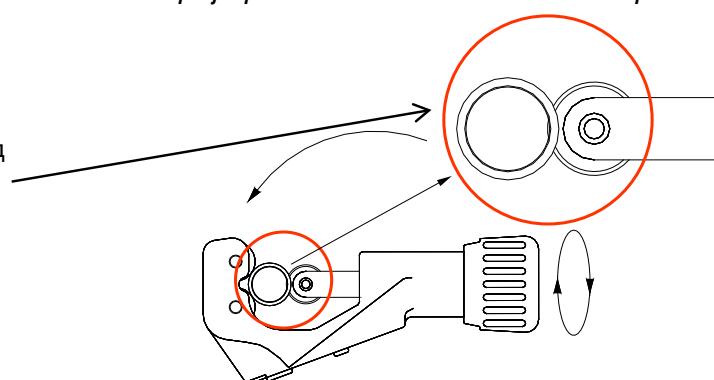
При сечење на бакарна цевка со секач за бакар, пресечниот дел има заоблувачење во внатрешноста.

Подврткувања на краевите на местото на сечење



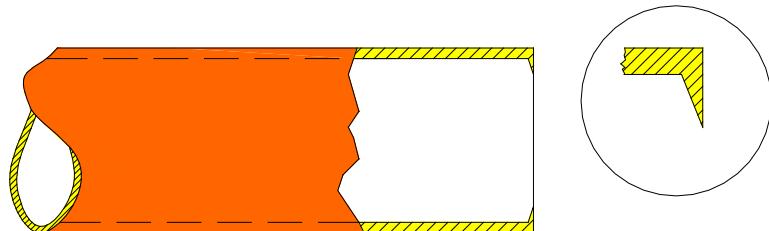
Слика 6: Изглед на пресечениот крај при сечење со секач за бакар.

Ова е предизвикано од
навлегувањето на
ножето за сечење



Слика 7: Приказ на навлегувањето на ножот за сечење.

При сечење на бакарните цевки со бонсек се јавува следното закривување на краевите на местото на сечење:



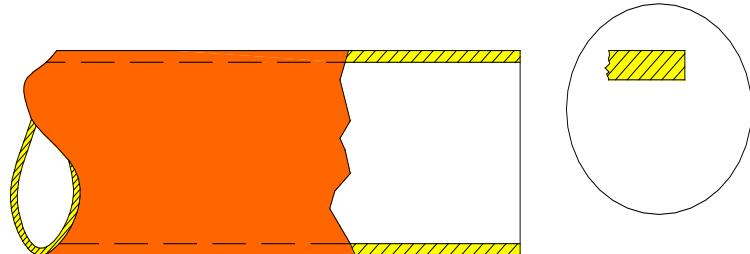
Слика 8: Изглед на пресечениот крај при сечење со бонсек.

По завршувањето на сечењето, потребно е да се отстранат подвиткувањата пред да се продолжи со натамошното инсталирање на цевката. За ова се користат ножиња за чистење (reamer). Постојат повеќе типови на ножиња за чистење.



Слика 9: Различни видови на ножиња за чистење.

По завршувањето на чистењето и по отстранувањето на заоблените делови на крајот каде што е извршено сечењето, цевката изгледа како на slikata подолу:



Слика 10: Приказ на цевка по отстранување на заоблувањата.

На овој начин, пресеченото парче е подгответо за натамошно инсталирање.

Капиларните цевки се цевки со многу мали дијаметри. За сечење на капиларни цевки се користи алатка што не ги оштетува краевите ниту, пак, го намалува пречникот на местото на сечење.



Слика 11: Секач за капиларна цевка.

Друг препорачан начин за сечење на капиларна цевка е сотриаголна турпија. Генерално, острот агол од триаголната турпија се користи за стругање по периферијата на капиларната цевка. На овој начин не се смалува дијаметарот на капиларната цевка.

Особено е важно по завршувањето на сечењето, делот од бакарната цевка, кој не се користи понатаму, да се затвори за да се спречи навлегувањето на нечистотии и на влага во внатрешноста на цевката.

Исто така, потребно е одржување на секачите за бакарните цевки за нивно правилно функционирање. Одржувањето го подразбира следното:

- Чистење на секачот од струготини по завршувањето со работа.
- Подмачкување на вртливите делови од секачот. Добро подмачканата алатка полесно ќе работи, ќе функционира подобро и ќе трае подолго.
- Редовна замена на тапите и оштетените ножиња.

4.3. Начини на виткање на бакарните цевки

При изведба на систем за ладење или климатизација, виткањето на бакарните цевки е вообичаена практика. Со виткање на цевките се избегнува користење на дополнителни елементи, со што се намалуваат можните места за појава на истекување. Виткањето на тврди бакарни цевки најчесто се врши во фабрички услови со машини специјално наменети за виткање.

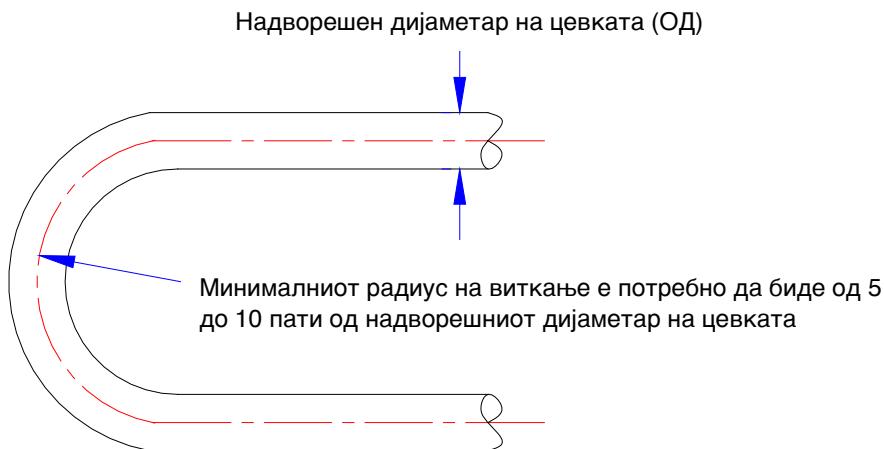


Слика 12: Машинско виткање на цевки.



Слика 13: Поврзување на елементи со машински свиткани цевки.

Сервисерите на опрема, при изведбата на системите за ладење, често го користат методот за виткање на цевките. Тие виткаат меки или тврди цевки со димензии најчесто до 18 миллиметри. Притоа е особено важно да се внимава на следнovo:



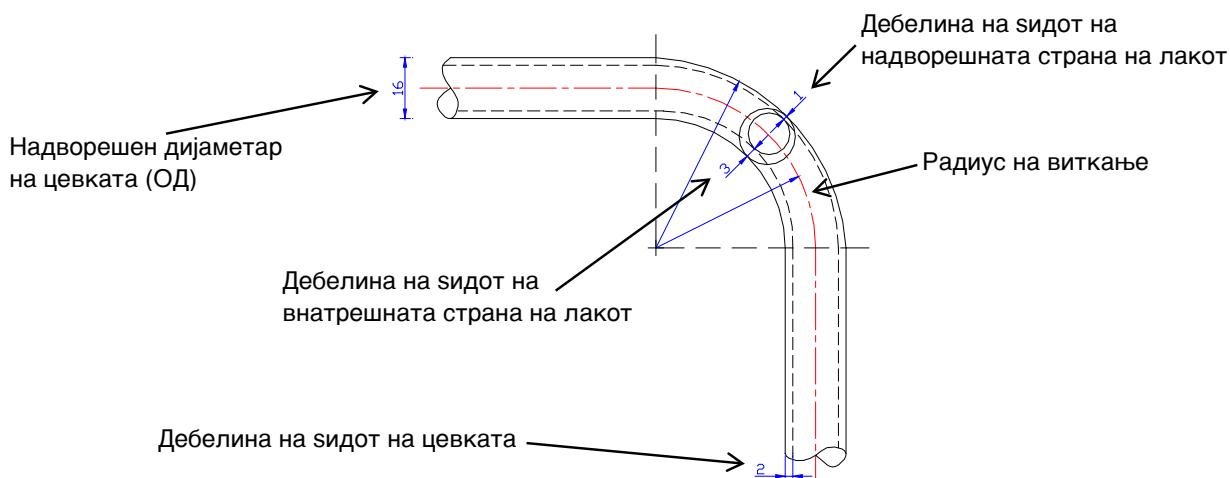
4.3.1 Опасности при виткање на цевките

- ✓ Промена на пресекот на цевката по должина на лакот при виткање.

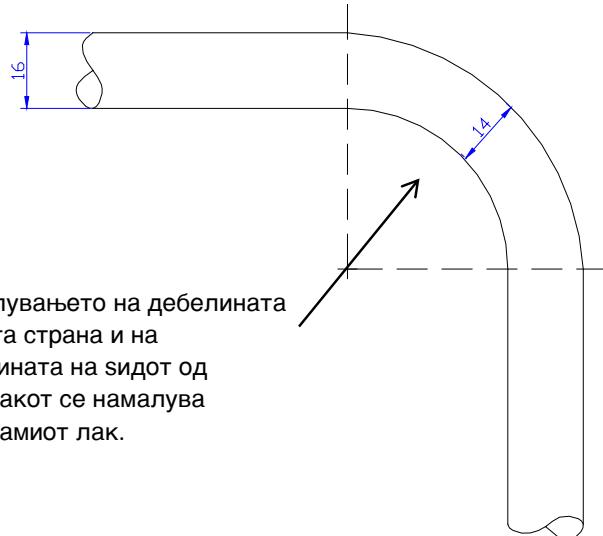
Една од опасностите што се јавува при виткањето на цевките со рака или со несоодветни и неквалитетни алатки е промената на пресекот на цевката по должината на виткањето, односно во самата кривина. Стеснувањето на внатрешниот отвор на местото на кривината има влијание врз протокот на ладилното средство. Како што беше напоменато при димензионирањето на пречникот на цевката, се обрнува внимание на падот на притисокот и на брзината на струење на ладилното средство односно на масениот проток. Лошо изведените виткања на цевката можат да има значително влијание врз правилното струење на ладилното средство.

- ✓ Критични точки при виткањето

При самото виткање има истегнување на материјалот од надворешната страна на лакот и негово збивање од внатрешната страна. Лошите алатки за виткање или неправилното виткање предизвикуваат критични точки по страната на виткањето што може да влијае врз издржливоста на материјалот и да предизвикува ослабување на материјалот по радиусот на виткање, што може, пак, да предизвика напукнување, а со тоа и истекување на ладилното средство.



Слика 14. Критични точки при виткање



Како последица на намалувањето на дебелината на сидот од надворешната страна и на зголемувањето на дебелината на сидот од внатрешната страна на лакот се намалува пресекот на цевката во самиот лак.

Слика 15: Промена на пресекот на цевката по должина на лакот при виткање

Алатки кои се најчесто користени од страна на сервисерите при обликувањето на цевките се:

- Рамов притисен рачен виткач.
- Пружина за виткање.
- Рачен виткач.

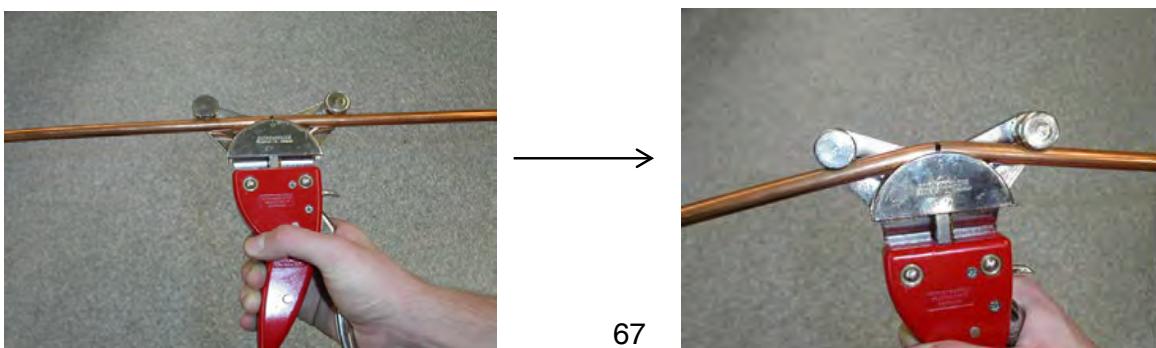
4.3.2 Рамов притисен рачен виткач (*ram type bending press*)

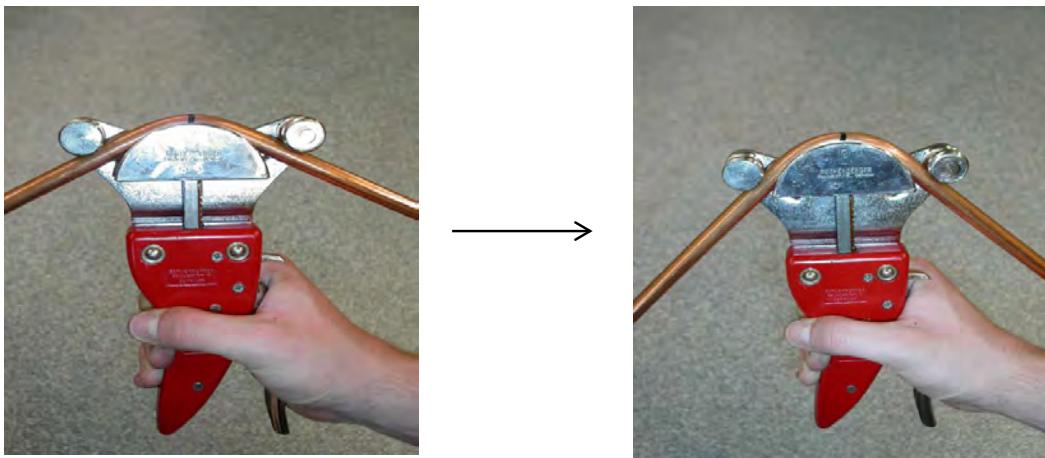
Ова е алатка на принцип на преса и со посебни рамки за секоја пооделна димензија на цевка.



Слика 16. Рамов притисен рачен виткач.

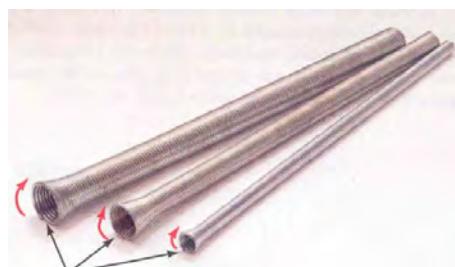
На сликите што следат е прикажан начинот на виткање во неколку чекори. Важно е виткањето да се врши постепено и не наеднаш.





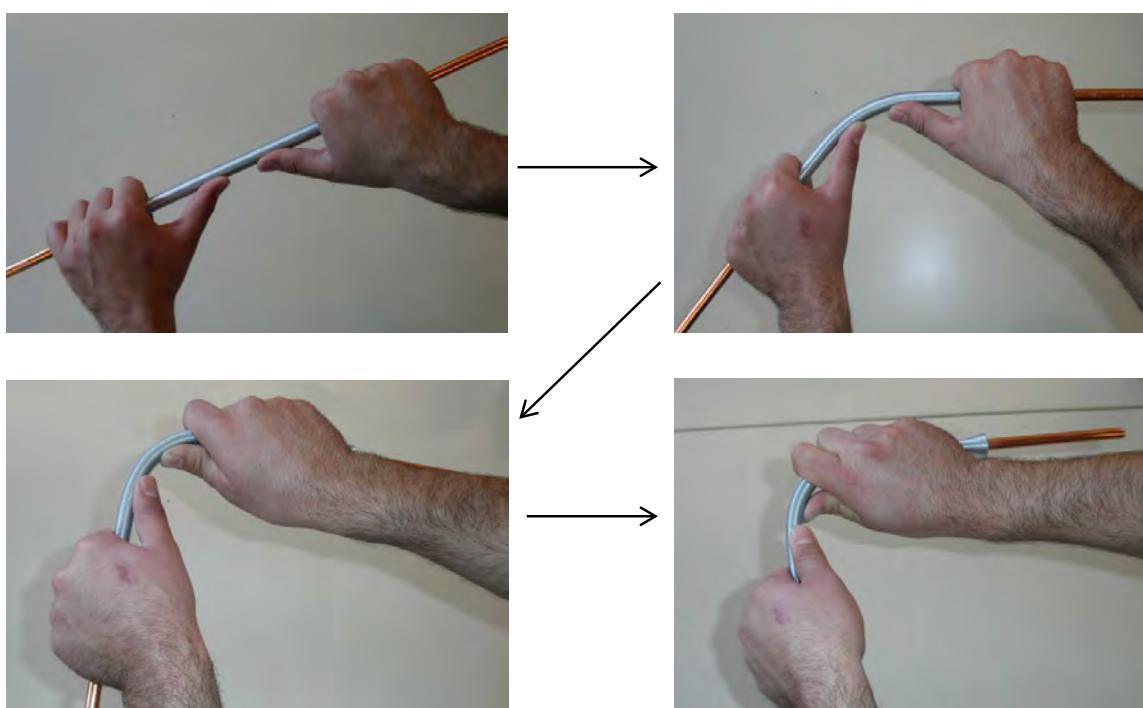
4.3.3 Пружини за виткање (spring bending)

Овој начин на виткање е препорачлив со меки бакарни цевки (цевки во които каде што не се бараат мали радиуси на виткање и каде што точната должина на парчињата што се виткаат не е многу важна). Пружините се со различни големини и можат да се постават во внатрешната или во надворешната страна на цевката. Виткањето со пружина го намалува ризикот од оштетување на цевката на местото на виткање.



Крај за извлекување на прижината

На сликите подолу е прикажано виткање на цевка во четири чекори:



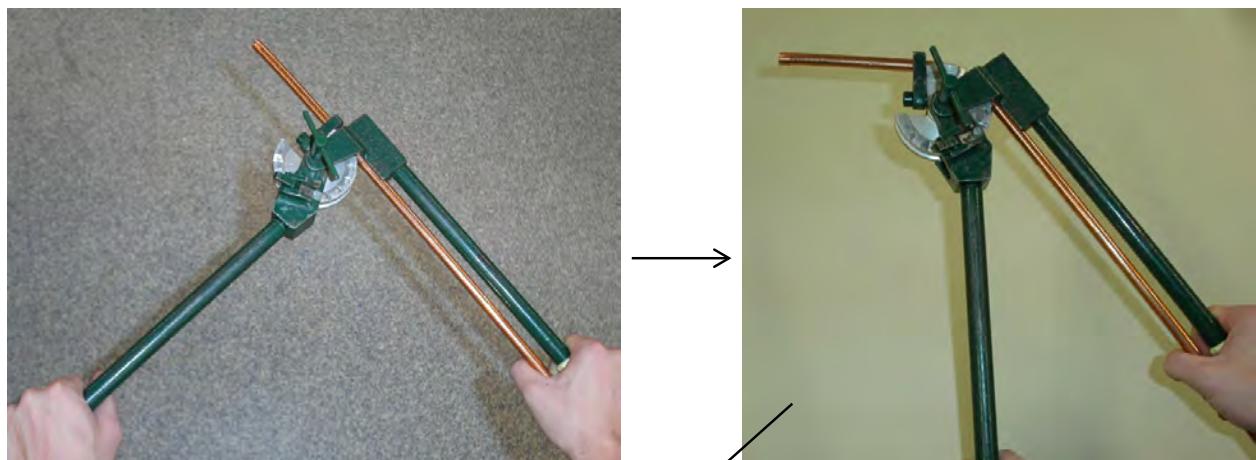
4.3.4 Рачен виткач (hand bender)

Ова е една од најчесто применуваните алатки меѓу сервисерите:



Слика 17: Рачен виткач.

Начинот на виткање на џевката со помош на оваа алатка е прикажан на сликите во продолжение:



Џевката е поставена и подгответа за виткање

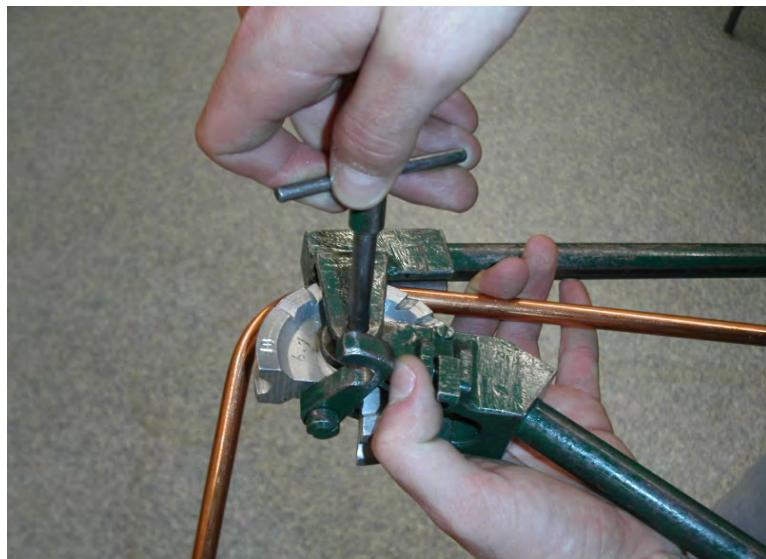
Виткање под агол од 45°



Виткање под агол од 90°



Виткање под агол од 180°



Отстранување на цевката од алатката

4.4. Начини на спојување на бакарните цевки

Бакарните цевки имаат тенок сид и на нив не може да се нареже навој. Заради тоа, бакарните цевки се спојуваат меѓусебно или со компонентите од системот на два начини:

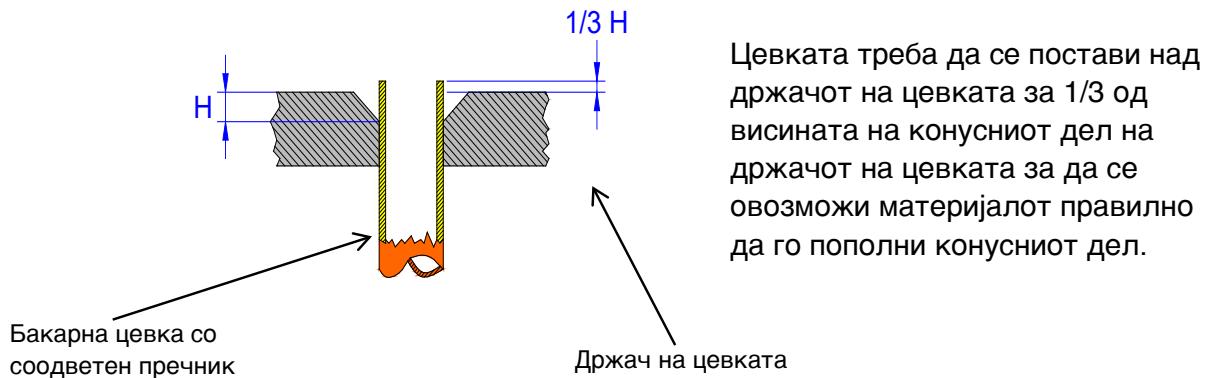
- Раздвоен тип на поврзување – холендерски врски (flared connection).
- Нераздвоен тип на поврзување – Меко лемење (soldered connection) и тврдо лемење (brazed connection).

4.4.1 Раздвоен тип на поврзување - холендерски врски (*flared connection*)

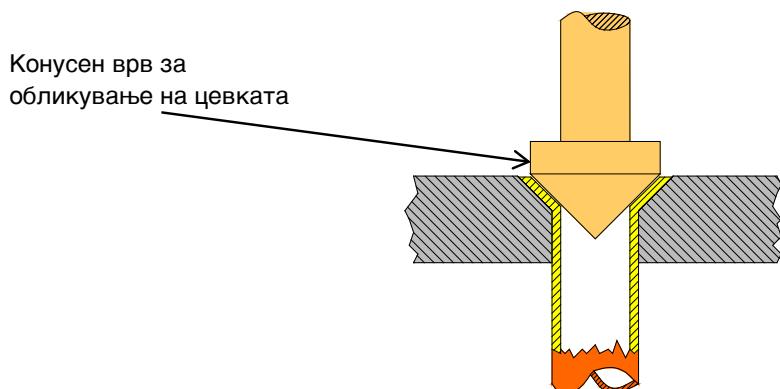
Кога се спојува цевката со определен навоен фитинг, практика е да се изведе холендерска врска на крајот на цевката. За правење на оваа врска е потребно да се има соодветен алат.

ВАЖНО: Пред почетокот на изработка на оваа врска, потребно е да се исчисти цевката од закривувањата (слика 7 и слика 8) предизвикани од сечењето со ноже за чистење (слика 9), како што е описано во поглавјето - 2.2. – Начини на сечење на бакарните цевки.

За правилно изведување на оваа врска е потребно да се внимава на следното:



Слика 18: Поставување на цевката во држачот.



Слика 19: Правилно изработен конусен дел од холендерот.

Постојат два типа на алатки кои се широко распространети и користени од страна на сервисерите на опрема и тоа компресионен и генераторски тип

✓ **Компресионен тип**

Алатките од овој тип се состојат од држач за цевката со соодветни отвори и стега со навојно вретено и конусен врв за обликување на цевката.

Предности на оваа алатка:

- Добра алатка со пристојна цена.
- Формира правилни закосувања на цевката.
- Лесна за употреба на прави делници.
- Покрива широк спектар на пречници на цевките.

Недостаток на оваа алатка е можноста за правење на лоши закривувања, доколку не се следат определените работни правила. Силината на затегнување е со чувството на самиот сервисер и пресилното затегнување може да предизвика оштетувања или напукнувања во врвот на конусот. Нерамно поставената цевка доведува до ексцентричност на самиот конус.

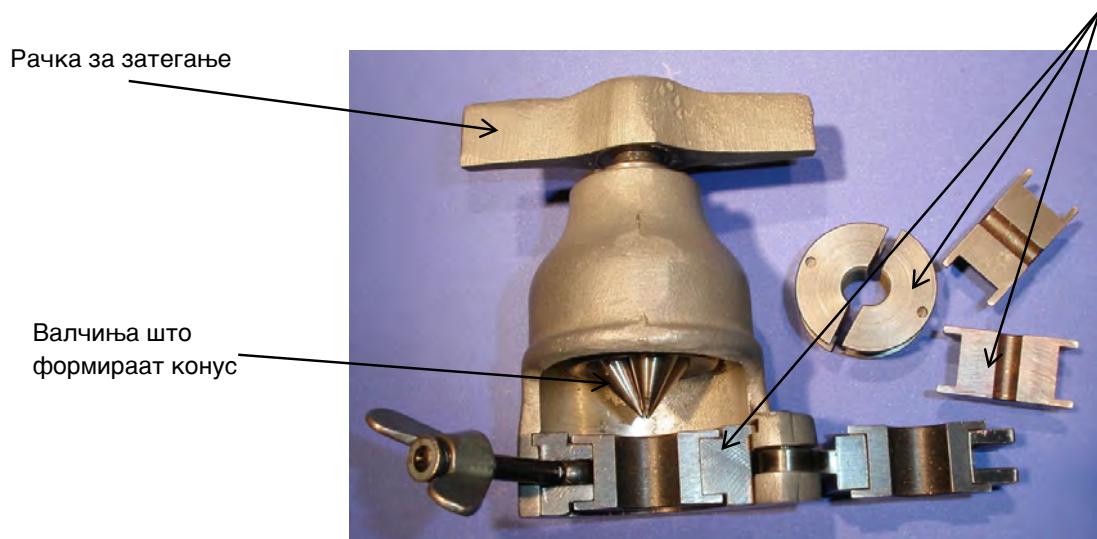


Слика 20: Алатка за холендерска врска од компресионен тип.

✓ **Компресионен тип**

Претставник на овој тип на алатки е т.н. валчест конус.

Стеги за цевката,
променливи за секој
дијаметар на цевка



Слика 21: Валчест конусен генератор.

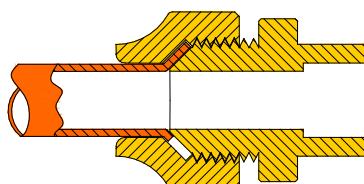
Предности на овој тип на алатки се прецизните завршетоци што се добиваат, лесното ракување, покривањето широк спектар на пречници на цевки, подесувањето на силата на стегање.

Она што секогаш треба да го имаме на ум пред почетокот на изработката на овој елемент е следново:

- ✓ Подготовка на цевката од внатрешната и од надворешната страна.
- ✓ Секогаш да користиме соодветна алатка.
- ✓ Да се користи отворот што е соодветен на дијаметарот на цевката.
- ✓ Да не се користи компримиран воздух или кислород за издувување на цевката.
- ✓ Да се постави завртка со соодветен пречник на цевката пред почетокот на формирањето на конусот.
- ✓ Пред почетокот на креирањето на конусот да се стави малку компресорско масло.
- ✓ По завршувањето на изработката на конусот убаво да се избрише делот од маслото.
- ✓ Секогаш да се изврши проверка на изработениот конус.
- ✓ Да не се изведува холендерска врска на стари цевки или на тврди бакарни цевки.

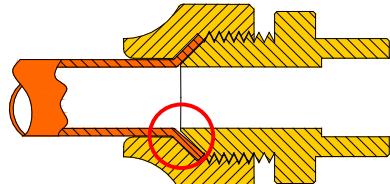


Правилно направена холендерска врска

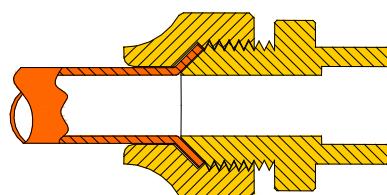


Нерамномерно изработен конус

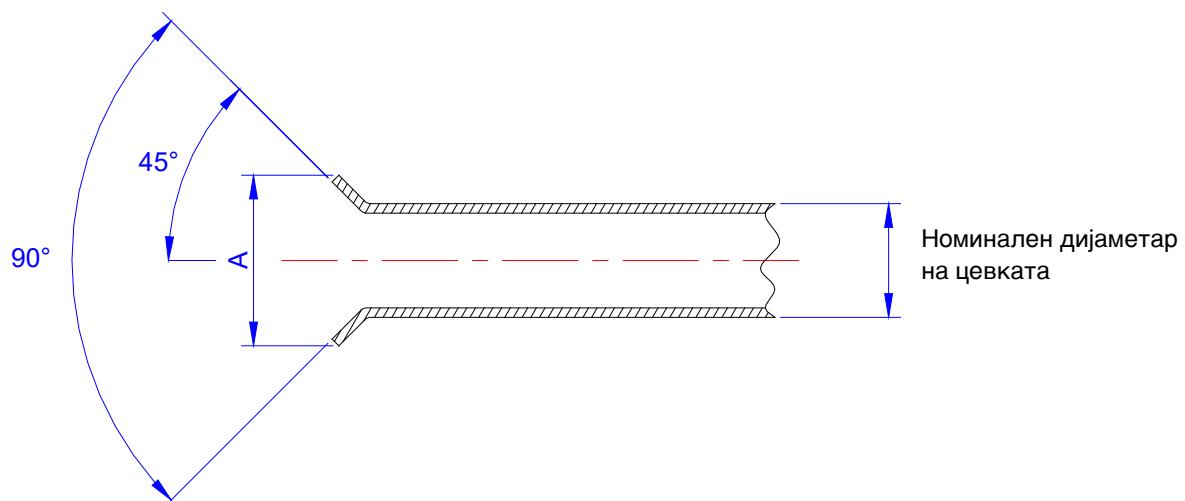
Премногу мал конус



Подврткување на краевите



Премногу издолжен конус



Во табелата што следи се дадени минималните и максималните големини на дијаметот „A“ за цевки во инчи.

Номинален дијаметар на цевката	Дијаметар на конусот „A“	
	Максимален (инчи)	Минимален (инчи)
1/8	0.181	0.171
3/16	0.249	0.239
1/4	0.325	0.315
5/16	0.404	0.388
3/8	0.487	0.471
7/16	0.561	0.545
1/2	0.623	0.607
9/16	0.676	0.660
5/8	0.748	0.732
3/4	0.916	0.900
7/8	1.041	1.025

Не се препорачува изработка на ваков спој кај цевки поголеми од 7/8 инчи.

Во следната табела се дадени димензиите за цевките во метрички систем:

Номинален дијаметар на цевката во мм.	Дијаметар на конусот „А“
	мм. +/-0.2
6	9
8	11
10	13
12	15
15	19
16	19
18	21

Не се препорачува изработка на ваков спој кај цевки поголеми од 18 мм.

4.4.2 Фитинг за холендерски врски (*flared tube fittings*)

За спојување на подготвената цевка со елементите во системот се користат најразлични фитинзи. Она што е важно е да не се меша фитингот со цевката во смисла на тоа ако цевката според метрички систем се поврзува со метрички фитинг. Ако цевката е според американскиот систем на мерки, тогаш се користат соодветни фитинзи.

На сликата подолу се прикажани најчесто користените фитинзи во системите за ладење и климатизација. Овие елементи се изработени од месинг со фабрички изработени навои.



Слика 21: Најчесто користени фитинзи за холендерска врска.

4.4.3 Нераздвоен тип на поврзување – меко лемење (*slodreded connection*) и тврдо лемење (*brazed connection*)

Кога се спојува цевката со определен фитинг или кога меѓусебно се спојуваат бакарните цевки покрај раздвојниот тип на поврзување, се користи и нераздвојниот тип на поврзување. Постојат два типа на нераздвоен тип на поврзување и тоа:

- Меко лемење (soldering).

- Тврдо лемење (brazing).

Разликата помеѓу овие два типа на поврзување е во температурата потребна за топење на материјалот за спојување.

✓ Ако температурата потребна за топење на материјалот што се користи за спојување на бакарните цевки е **под + 450 °C**, постапката се дефинира како меко лемење (soldering).

✓ Ако температурата потребна за топење на материјалот што се користи за спојување на бакарните цевки е **над + 450 °C**, постапката се дефинира како метод на тврдо лемење (brazing).

Точката на топење на материјалите што се користат за спојување на бакарните цевки со меко лемење се движи од + 182 °C до + 213 °C.

Точката на топење на материјалите што се користат за спојување на бакарните цевки со тврдо лемење се движи од + 538 °C до + 816 °C.

Со методот на меко лемење се спојуваат бакарни цевки што се користат во системите за водовод и загреене.

Спојувањето на бакарните цевки во системите за ладење и климатизација се врши само со методот на тврдо лемење.

Овој прирачник ја опфаќа само постапката на тврдо лемење.

Самото спојување на бакарните цевки меѓусебно употребувајќи одредени фитинзи, како и спојувањето на бакарните цевки со компонентите на системот, се врши со помош на споен материјал – легура.

Според компонентите од кои се изработени, постојат два типа на легури што се користат како споен материјал при овој метод на спојување и тоа:

- BCuP – тврдо лемење – бакарно-фосфорни (brazing-copper-phosphorus).
- BAg – тврдо лемење – сребрени (brazing-silver).

Првиот тип на легури – BaCuP, бакарно фосфорни, се користат при спојувањето на бакарните цевки со бакарен фитинг. При користењето на овие легури е потребно цевките да бидат:

- Правилно исечени.
- Исчистени од подвиткувањата на местата на сечење.
- Исчистени и обезмасленi на местата на спојување (ова се врши со помошна ситна шмиргла).

При употребата на овие легури не се користи паста, бидејќи фосфорот ја врши улогата на паста.

Вториот тип на легури - BAg, сребрени, се користат при спојување на разнородни материјали, како на пример бакар со месинг или бакар со челик и сл. При користењето на овие легури, покрај погоренаведените подготовки, се подразбира и користењето на паста што се нанесува на местото на спојување или, пак, се користат легури што се однапред обложени. Особено е важно да се внимава при користењето на пастите. Пастите што се користат при постапката на меко лемење се направени врз нафтена основа и тие не се користат при постапките на тврдо лемење. **Пастите што се користат при постапките на тврдо лемење се направени врз водена основа.** Пастата за тврдо лемење, покрај тоа што ја растворува и ја чисти површината од

оксиди, ја штити и површината од повторна оксидација за време на греенето, а овозможува и „наводнување“ на површините што се спојуваат со сребрената легура.

Изборот за тоа која легура ќе се користи при спојувањето со помош на тврдо лемење зависи од четири фактори:

- ✓ Толеранцијата во димензии на спојните елементи (препорачано е пречникот на елементот во кој навлегува цевката да биде 0.1 до 0.2 mm поголем од пречникот на цевката).
- ✓ Материјалите што се спојуваат (леани или ковани).
- ✓ Посакуваниот изглед на спојот.
- ✓ Трошоците.

Во табелата подолу се дадени препорачаните легури за тврдо лемење, кои се користат во ладилна техника и во климатизацијата.

Спецификација на легури според стандардот EN ISO 3677	Спецификација на легури според стандардот DIN 8513	Опсег на топење °C		Работна температура °C
		Растопување	Втечнување	
B - Cu 94 P - 710/880	L - CuP6	710	880	730
B - Cu 92 P Ag - 650/810	L - Ag2P	650	810	710
B - Cu 36 AgZn Sn - 630/730	L - Ag34Sn	630	730	710
B - Ag45 CuZn Sn - 640/680	L - Ag45Sn	640	680	670
B - Ag44 CuZn - 680/740	L - Ag44	680	740	730

Растопување – најниската температура од интервалот на топење. Под оваа температура, легурата што се користи при тврдото лемење е комплетно цврста.

Втечнување – највисоката температура од интервалот на топење. Над оваа температура, легурата што се користи при тврдо лемење е комплетно течна.



Слика 22: Бакарно-фосфорни легури.



Слика 23: Обложени сребрени легури.

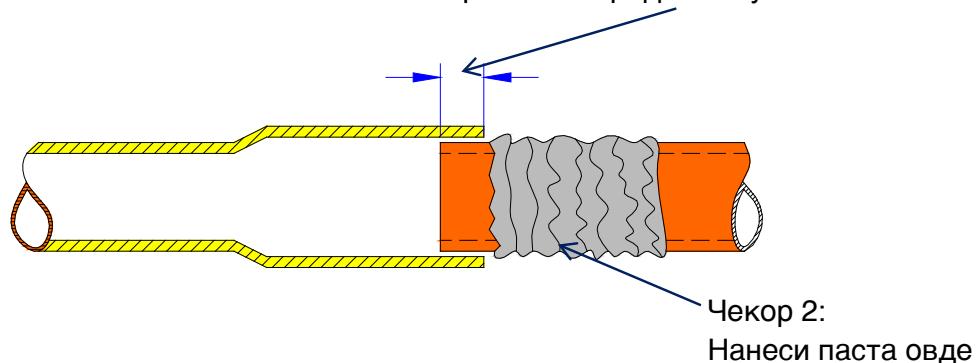


Слика 24: Паста што се користи со сребрени легури.

При користењето на паста треба да се обрати внимание на следното:

Чекор 1:

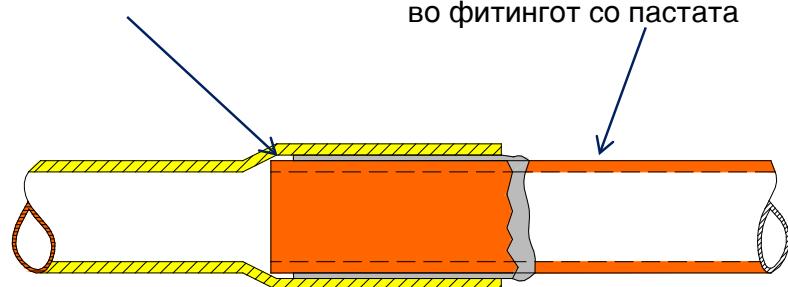
Внеси ја цевката 2 до 4 милиметри во фитингот пред нанесувањето на пастата



Овде не треба да има паста

Чекор 3:

Врти ја и притиска ја цевката за да навлезе во фитингот со пастата



По завршувањето со лемењето, потребно е да се отстрани делот на пастата надвор од спојот заради тоа што предизвикува корозија на местото на спојување.



Слика 25: Изглед на спој со паста за лемење или легура однапред обложена, како и чистење на споениот дел.

При овој процес на спојување освен легурата за спојување, користиме и опрема за тврдо лемење. Опремата се состои од резервоар за кислород, резервоар за ацетилен, регулатори на притисок за кислород и за ацетилен, црево за кислород и за ацетилен, држач за горилниците (бренерите) и горилници (бренери) со соодветна големина и лична заштитна опрема.



Слика 26: Опрема за тврдо лемење – комплет со компоненти.

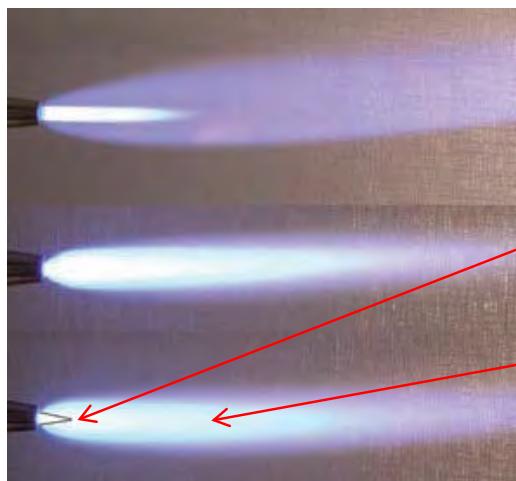
Самиот процес на спојување започнува со составување на елементите што се спојуваат.

Чекор 1 – Спојување на елементите.



Цевката е пресечена, исчистена и поставен е елементот што ќе го спојуваме во позицијата во која сакаме да биде поставен.

Чекор 2 – Палење и подесување на пламенот.

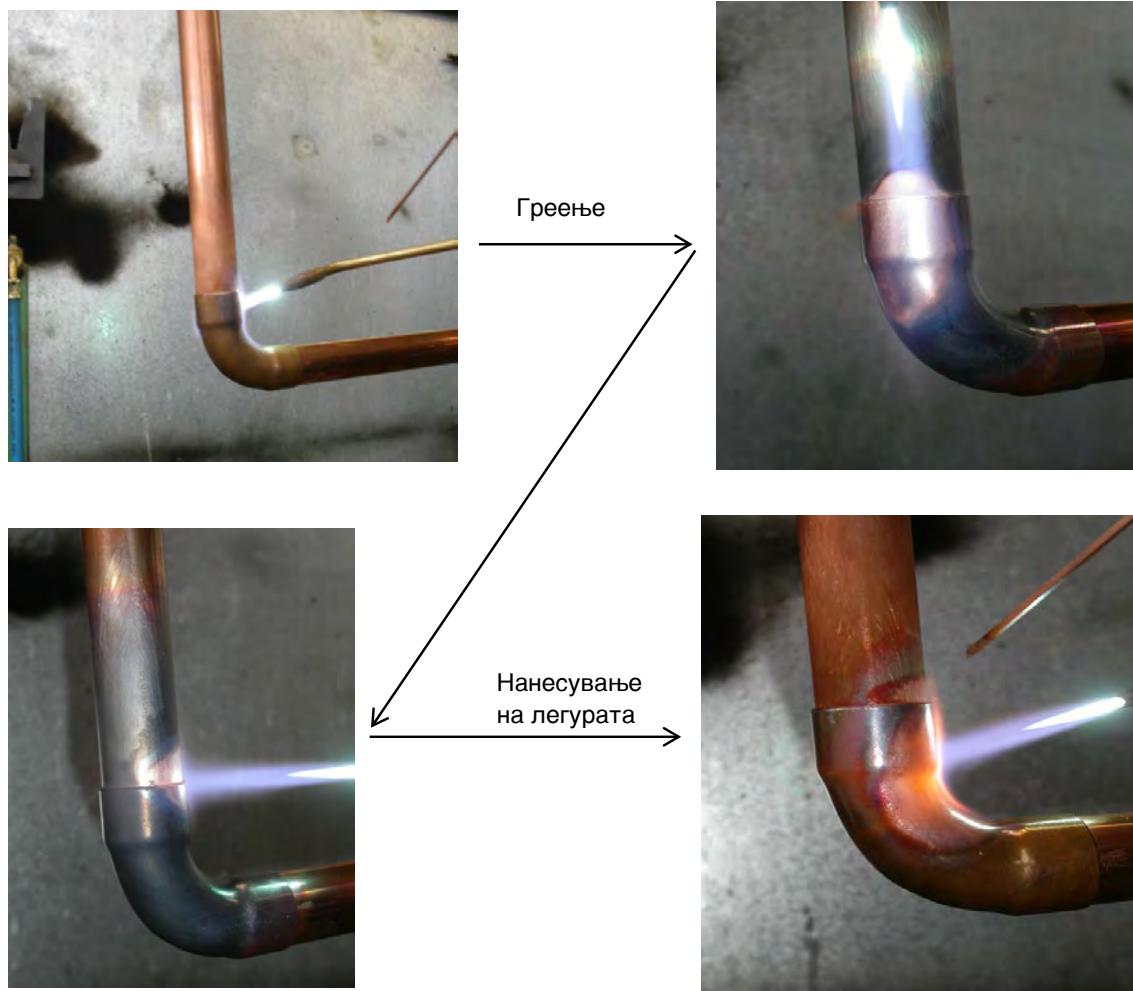


Палење и поставување на пламенот со малку намален пламен.

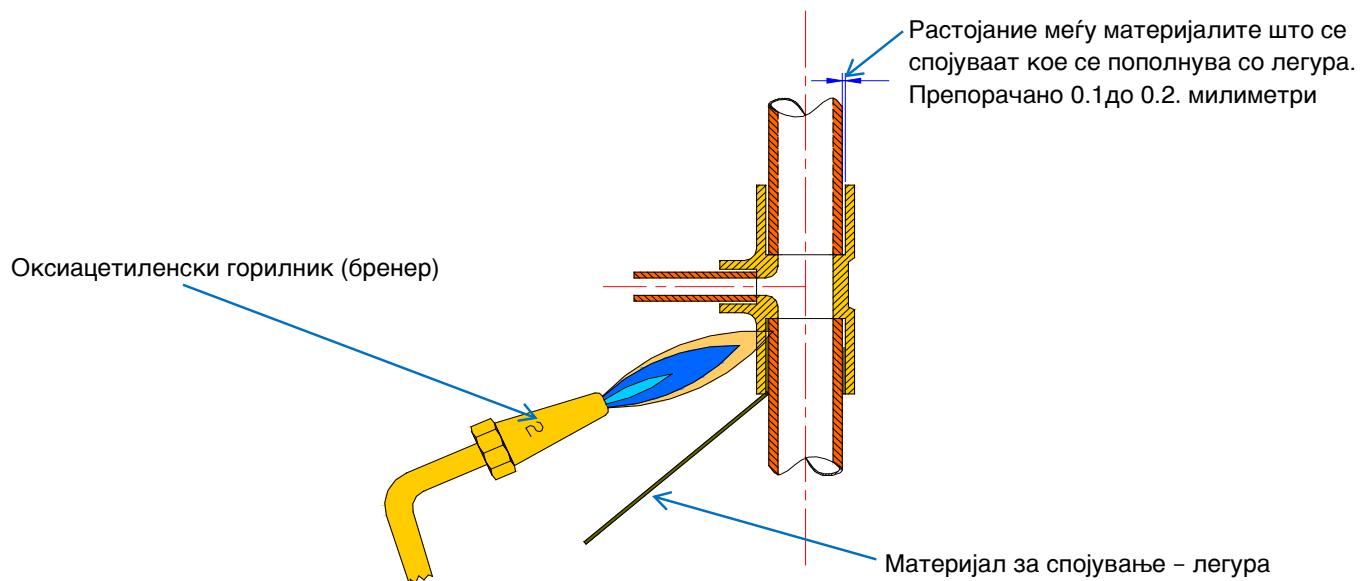
Син пламен

Зелен опаш на пламенот

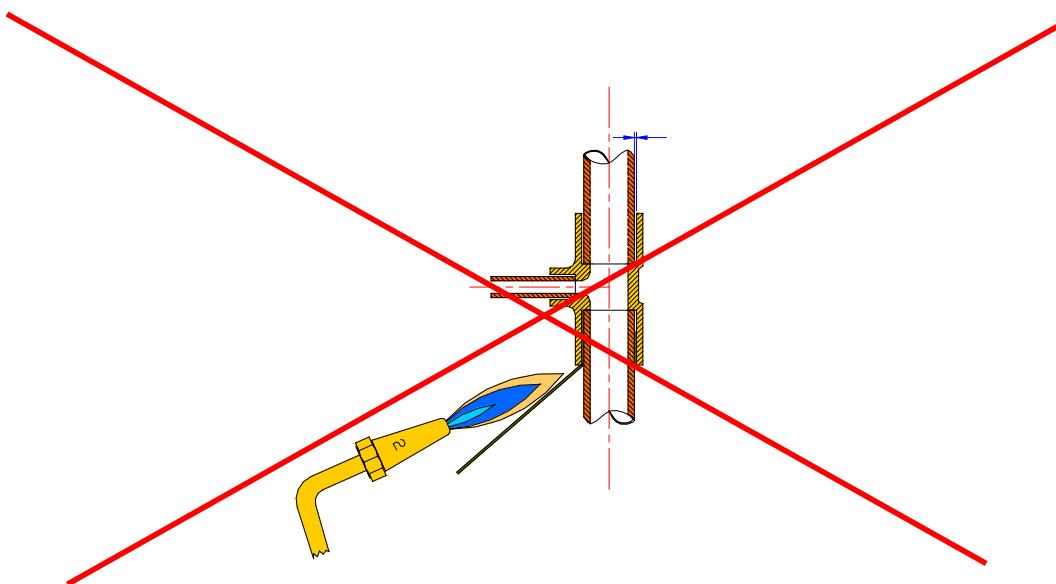
Чекор 3 – Греене на делот што се спојува и нанесување на легурата што се користи за спојување.



ВАЖНО: Потребно е топлината да се насочи правилно.

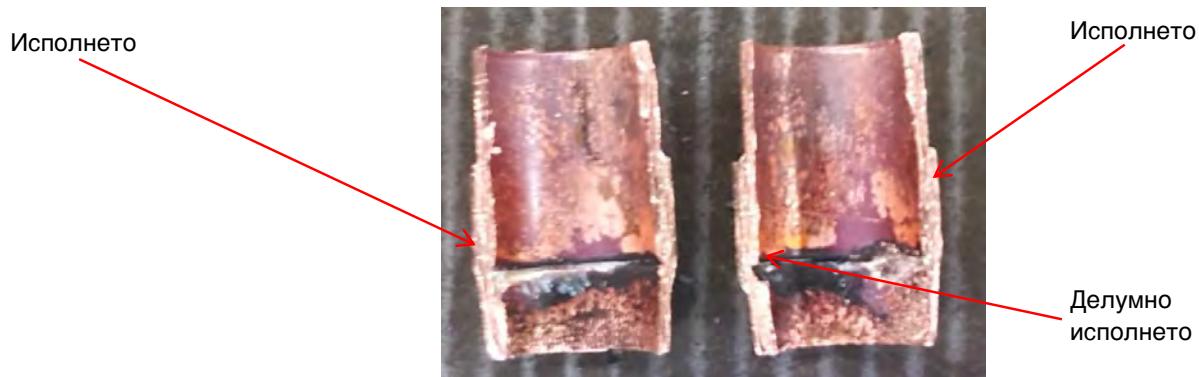


Слика 27: Правилно греене на местото на спојување.



Слика 28: Неправилно греене на местото на спојување.

Правилното изведување на овој спој подразбира исполнување на растојанието меѓу материјалите што се спојуваат со легура.



Препорачливо е користење на азот при самиот процес. На овој начин се избегнува создавање на бакарен оксид во внатрешноста на споениот дел.



без азот



со азот

Слика 29: Приказ на внатрешноста на цевката по спојување со тврдо лемење, без и со користење на азот при лемењето.



Слика 30: Поврзување и користење на азот при процесот на лемење.

При лемење на цевки со поголеми пречници, потребно е да се загреје целиот обем на цевката. Откако целата површина ќе се загреје, се започнува со нанесување на легурата.

Ладење и чистење на споениот елемент



Кога е завршено лемењето, потребно е да се остави споениот елемент природно да се олади. Потоа споениот елемент се чисти однадвор со вода и со крпа.

Важно е да се исчисти спојот што е правен со помош на паста или на обложена легура. Овој остаток, додека е сé уште топол, се чисти со вода и со челична цевка.

Особено е важно споевите на цевките меѓусебно или, пак, со компонентите на системот да бидат квалитетно и правилно изведени, без оглед на тоа дали се работи за раздвојна или за нераздвојна врска. Ова се критични места од каде што се јавува најголемиот дел од истекувањето на ладилниот медиум.

5. СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ

5.1. Поделба и означување на средствата за ладење

Постојат повеќе супстанции што се користат како средства за ладење. Средствата за ладење можат да се поделат во две групи:

- ✓ органски ладилни средства
- ✓ неоргански ладилни средства

Типични неоргански средства за ладење се:

- Амонијак (R717) – се користи во големите индустриски ладилни постројки.
- Јаглероден двооксид (CO_2) R744 – едно од најстарите средства за ладење кое се користело на бродовите. Повторно се враќа во употреба во индустриските системи.

Органските средства за ладење се поделени во две групи:

- Чисти јаглеводороди (HC): метан, етан, пропан, бутан и сл.
- Хемиски произведени (синтетски) ладилни средства.

Синтетските средства за ладење се на база на јаглеводороди (HC), кога чистите јаглеводороди ќе реагираат со хлороводородна киселина (HCl) или со флуороводородна киселина (HF) и се создава синтетско ладилно средство како CFC, HCFC, HFC или нивни мешавини.

На сликата подолу се прикажани можните средства за ладење или супстанциите добиени од метан и етан.

		CCl_4			
		CHCl_3	<u>CFCI_3 (R11)</u>		
	CH_2Cl_2		CHFCl_2	<u>CF_2Cl_2 (R12)</u>	
CH_3Cl		CH_2FCI		<u>CHF_2Cl (R22)</u>	<u>CF_3Cl (R13)</u>
CH_4 Methane	CH_3F		<u>CH_2F_2 (R32)</u>	<u>CHF_3 (R23)</u>	<u>CF_4 (R14)</u>
		C_2Cl_6			
		C_2HCl_5	C_2FCI_5		
		$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$	C_2HFCl_4	$\text{C}_2\text{F}_2\text{Cl}_4$	
		$\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$	$\text{C}_2\text{H}_2\text{FCI}_3$	$\text{C}_2\text{HF}_2\text{Cl}_3$	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$
$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$		$\text{C}_2\text{H}_3\text{FCI}_2$	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2\text{Cl}_2$	$\text{C}_2\text{HF}_3\text{Cl}_2$	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$		$\text{C}_2\text{H}_4\text{FCI}$	$\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_2\text{Cl}$	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_3\text{Cl}$	$\text{C}_2\text{HF}_4\text{Cl}$
C_2H_6	$\text{C}_2\text{H}_5\text{F}$	$\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$	$\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$	C_2HF_5
Ethane		R152a	R143a	R134a	R125

Како што може да се забележи, започнувајќи од чист јаглеводород, со замена на водородниот атом со атом на хлор или флуор се добиваат ладилни средства.

Овие хемиски произведени средства за ладење од јаглеводороди можеме да ги поделиме на следниот начин:

- CFC – хлорофлуоројаглероди
Сите водородни (H) атоми од основата на јаглеводородот се заменети со хлор (Cl) и флуор (F)
 Пример: R12 - CF_2Cl_2
- HCFC – хлорофлуоројаглеводороди
Не сите водородни (H) атоми од основата на јаглеводородот се заменети со хлор (Cl) и флуор (F), најмалку еден водороден атом е во молекулата.
 Пример: R22 - CHF_2Cl
- FC – флуоројаглероди
Сите водородни (H) атоми од основата на јаглеводородот се заменети со флуор (F)
 Пример: R14 - CF_4
- HFC – флуоројаглеводороди
Не сите водородни (H) атоми од основата на јаглеводородот се заменети со флуор (F), најмалку еден водороден атом е во молекулата.
 Пример: R134a - $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$

Во секојдневното работење сервисерите користат најразлични средства за ладење. Комерцијалните ознаки на средствата за ладење, кои се препознатливи, се на пример: R22, R407C, R404A, R410A, R507A, R134A и слично. Но, што во суштина значат овие бројки и како средствата за ладење ја добиваат својата ознака?

Генералната ознака на ладилните средства е:

R XYZ + дополнителна ознака

R = (refrigerant) средство за ладење

Дополнителната ознака може да биде:

- a,b, ... - варијации во структурата
- B1, B2 - содржина на бром
- A, B, C, D, ... - варијација на мешавини

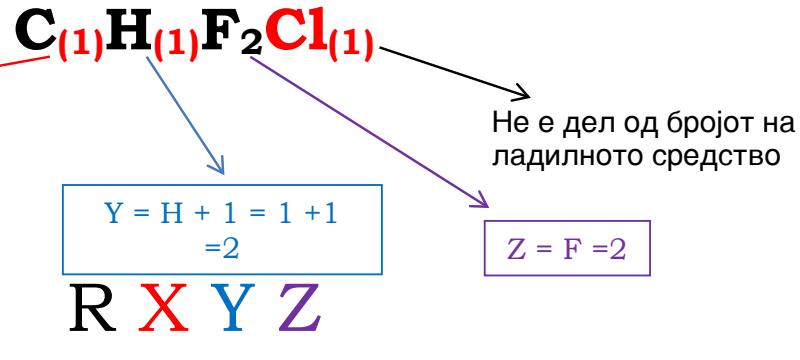
X	XYZ	дополнителна ознака
X=0 (X=C-1) На база на метан CH_4	X = C - 1 (X = бројот на јаглеродни атоми во формулата минус 1) Y = H + 1 (Y = бројот на водородни атоми во формулата плус 1) Z = F (Z = количината на атоми на флуор во молекулата)	a, b ... B1,B2
X=1 (X=C-1) На база на етан C_2H_6	види погоре	a, b ... B1,B2
X=2 (X=C-1) На база на пропан C_3H_8	види погоре	
X=3 На база на бутан C_4H_{10}	види погоре	

5. Средства за ладење

X=4 Мешавини со температурно лизгање за време на испарување и кондензација (зеотропни смеси)	YZ - број на мешавината Пример: R32/R125/R134a = 07 - R407 R143a/R125/R134a = 04 - R404	A, B, C, D Варијации на мешавини
X=5 Мешавини без температурно лизгање за време на испарување и кондензација (азеотропни смеси)	YZ - број на мешавината Пример: R125/R143a = 07 - R507	A, B, C, D Варијации на мешавини
X=6 Други органски средства за ладење	Пример: R600 - бутан R600a - изобутан	
X=7 Неоргански средства за ладење	YZ - молекуларна тежина Пример: Амонијак NH ₃ : молекуларна тежина 17 R717	

Во анексот В од овој прирачник се прикажани ознаките на средствата за ладење според европскиот стандард EN378-1:2007.

Пример: Органско средство за ладење на база на метан со хемиска формула



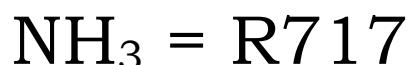
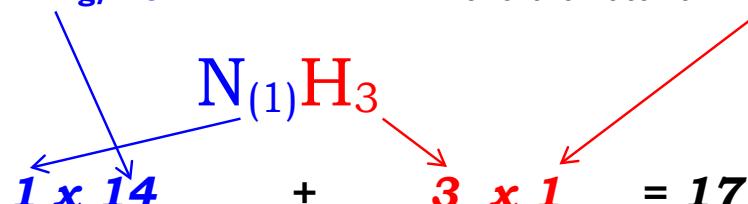
Пример: Неорганско средство за ладење со хемиска формула

Како што беше наведено, овие средства за ладење имаат ознака **X = 7** на почетокот.

Амонијакот има формула NH₃

Атомската тежина на **N = 14 g/mol**

Атомската маса на **H = 1 g/mol**



5.2. Повеќекомпонентни средства за ладење – мешавини

Чистите, еднокомпонентни средства за ладење, како на пример R134a или R22, не секогаш успеваат да ги исполнат определните барања на некои средства за ладење или на системите за климатизација. Елиминацијата на HCFC средствата за ладење, особено на средството за ладење R22, кое е најраспространето во овие системи, се повеќе ја наметнува потребата за нови средства за ладење. Заради тоа, развиени се средства за ладење кои се мешавини од две или од повеќе еднокомпонентни средства за ладење. Овие средства за ладење можат да имаат две различни однесувања за време на кондензијата и на испарувањето, па затоа ги делиме во две групи и тоа:

- ✓ средства за ладење со константна температура при испарување и кондензација, со ознака **X=5 (R5YZ)**, познати како **азеотропни** (се однесуваат како чистите средства за ладење).
- ✓ средства за ладење со променлива (лизгачка) температура при испарување и кондензација, со ознака **X=4(R4YZ)** познати како **неазеотропни (зеотропни)**.

Во табелата подолу е даден приказ на неазеотропни средства за ладење, со составот во масени проценти:

	R22	R32	R124	R125	R134a	R142b	R143a	R152a	R218	R1270	RC318	R290	R600a
R401A	53		34					13					
R401B	61		28					11					
R401C	33		52					15					
R402A	38			60								2	
R402B	60			38								2	
R403A	75								20			5	
R403B	56								39			5	
R404A			44	4		52							
R405A	45				5,5			7			42,5		
R406A	55				41							4	
R407A		20		40	40								
R407B		10		70	20								
R407C		23		25	52								
R407D		15		15	70								
R408A	47			7	46								
R409A	60		25			15							
R409B	65		25			10							
R410A		50		50									
R410B		45		55									
R411A	87,5							11		1,5			
R411B	94							3		3			
R412A	70				25				5				
R413A					88				9			3	
R416A			39,5		59							1,5	
R417A				46	50							4	

Средства за ладење кои се мешавини од HFC средства за ладење

5. Средства за ладење

Во табелата подолу се прикажани азеотропните средства за ладење (без температурно лизгање) според нивниот состав:

Ладилно средство	Компонента А	Компонента Б	Температура на вриење во °C при притисок од 1 бар
R500	73,8% R12	26,2% R22	-33,5
R501	75% R22	25% R12	-41,5
R502	51,2% R115	48,8% R22	-45,5
R503	59,9% R13	40,1% R23	-87,9
R504	48,2% R32	51,8% R115	-57,2
R505	78% R12	22% R31	-29
R506	55% R31	45% R114	-12,4
R507A	50% R125	50% R143a	-46,5
R508A	39% R23	61% R116	-85
R508B	46% R23	54% R116	-88

CFC – забранети средства за ладење заради нивниот потенцијал на осиромашување на озонската обвивка

5.3. Класификација на средствата за ладење во сигурносни групи

Според стандардот ASHRAE 34, средствата за ладење се поделени во следните сигурносни групи:



Врз основа на мерењата на хроничната токсичност на долг рок, класите се дефинирани како:

- **A класа** – средства за ладење кај кои не е забележана токсичност под 400 ppm.
- **B класа** – средства за ладење кај кои е забележана токсичност под 400 ppm.

Врз основа на запаливоста според ASTM E681¹ со електрична активирана запалка, класите се дефинирани како:

- **Класа 1** – средства за ладење кај кои не е забележан пламен.
- **Класа 2** – средства за ладење кај кои долната граница на запаливост² (ДГЗ) е поголема од 0.10 kg/m^3 и топлината на согорување (h_c) е помала од 19 MJ/kg .
- **Класа 3** – средства за ладење кај кои долната граница на запаливост (ДГЗ) е помала од 0.10 kg/m^3 или топлината на согорување (h_c) е поголема од 19 MJ/kg .

¹ASTM E681 = Стандарден тест метод за концентрациони граници на запаливост на хемикалии, пареи и гасови (Standard test metod for concetration limit of flammability of chemicals, vapour and gases).

² Долна граница на запаливост претставува најмала концентрација на ладилно средство која има способност за ширење на пламен во хомогена мешавина на ладилно средство и воздух. Дефиницијата е според европскиот стандард EN378-1:2007 (Lower Flammability Limit = LFL).

5. Средства за ладење

Во 2010 година, по долгогодишно истражување и испитување, се додадени нови класи **A2L** и **B2L** за одвојување на класите 2 и 3 според еден критериум. Сите средства за ладење што спаѓаат во овие класи се со пониска запаливост, но со максимална брзина на горење помала или еднаква на 10 m/s. Во овие класи спаѓаат средствата за ладење:

A2L

B2L

R32
R143a
R1234yf
R1234ze

R717 - Амонијак

Истата класификација е и според стандардот ISO817. Слична на класификацијата на стандардот ASHRAE 34 е и европскиот стандард EN378 - 1:2007. Во овој стандард ги нема групите A2L и B2L, а останатите групи се исти. Означувањето и класификацијата на средствата за ладење во сигурносни групи се дефинирани во директивата 97/23/EC³ (Директива за опрема под притисок).

Во Анексот Б од овој прирачник е прикажана класификацијата на средствата за ладење според овој стандард.

5.4. Најчесто применувани средства за ладење во системите за ладење и климатизација

Во системите за ладење и климатизација се користат најразновидни средства за ладење. Во следната табела се дадени средствата за ладење во зависност од апликацијата во која се употребуваат, како и бараната температура на испарување.

Опсег на температура на испарување во °C	Користени ладилни средства	Примери на апликации каде се употребуваат средствата
+15 ... 0	R22	Уреди за климатизација, топлински пумпи
+15 ... 0	R407C, R410A, R717	Уреди за климатизација, топлински пумпи, чилери за ладење вода
-50 ... +10	R134a, R717, R404A, R 507A, R600a, R290, R744, R22	Топлински пумпи, автомобилски клима уреди, комерцијални и индустриски ладилни постројки, витрини во супермаркет ...
-110 ... -40	R410A, R23, R170 R508A+B	Каскадни системи, медицински ладилни системи ...

Ако внимателно погледнеме во табелата погоре, можеме да го забележиме следното:

✓ Средството за ладење R22, заради својот потенцијал за осиромашување на озонската обвивка, иако е во фаза на елиминација на глобално ниво, сé уште се наоѓа во широкиот спектар на апликации. Повеќе не се произведува опрема, но, сепак, сé уште се наоѓа на пазарот за сервисни потреби. Се очекува, како ќе одминува времето, сé потешко да се наоѓа на пазарот и заради тоа се предвидува дека полека ќе се замени со друго средство за ладење.

✓ Средствата за ладење R134a, R404A, R507A, R407C, R410A, R508A спаѓаат во класата на HFC средства за ладење. Тие, иако немаат потенцијал за осиромашување на озонската обвивка (ODP), имаат потенцијал за глобално затоплување (GWP). Дел од нив веќе се ставаат на списокот на средства за елиминација, особено оние со повисок потенцијал на глобално затоплување, како на

³97/23/EC Pressure equipment directive.

5. Средства за ладење

на пример R404A и R507A. Заради тоа, овие средства уште се нарекуваат и преодни.

- ✓ Природните средства за ладење како што се R717 и R744, како и јаглеводородите (HC средства за ладење), како што се R290, R600 и R600a, се нарекуваат долгорочни средства за ладење и се предвидува дека тие средства ќе се користат и во иднина. Сите овие средства за ладење имаат определени ограничувања и тие спаѓаат во класата A2, А3 или B2 средства за ладење. За нив постојат безбедносни аспекти што треба да се земат предвид при нивната употреба.

Во табелата подолу се дадени основните карактеристики на најраспространетите средства за ладење. Податоците во табелата се според европскиот стандард EN378-1:2007 (комплетните табели се дадени во анексот А).

	R22	R134a	R290	R404A	R407C	R410A	R507	R600	R600a	R717	R744
Хемиска формула или компонентен состав	CHClF ₂	CH ₃ CH ₂ CH ₃	R125/143a/134a (44/52/4)	R32/125/134a (23/25/52)	R32/125 (50/50)	R125/143a (50/50)	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	CH(CH ₃) ₃	NH ₃	CO ₂	
Група	HFC	HC	HFC	HFC	HFC	HFC	HC	HC	Природно	Природно	
Моларна маса [kg/kmol]	86.5	102	44.1	97.6	86.2	72.6	98.9	58.1	17	44	
Нормална температура на вршење [°C], при притисок 101.3 [kPa]	- 40.8	- 26.2	- 42.1	- 46.6/-45.7	- 43.8/-36.7	- 51.6/-51.5	- 46.7	0	- 12	- 33	
Критична температура [°C]	96.2	101.1	96.7	72.1	86.1	70.2	70.8	150.8	135	133	
Критичен притисок [bar]	49.9	40.6	42.48	37.4	46.3	77.7	37.2	34.9	36.45	106.43	
Потенцијал за осиромашување на озонската обивка (ODP)	0.055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Потенцијал за глобално затоплување (GWP)/100 год.	1500	1300	3	3260	1520	1720	3300	3	3	0	
Сигурносна група	A1	A1	A3	A1	A1	A1	A1	A3	A3	B2	
										A1	

Табела 1: Најраспространети средства за ладење во системите за ладење и климатизација.

⁴ Тројна точка при притисок од 5.18 бари и температура од -56.6°C.

5.4.1. Пропан како средство за ладење – R290

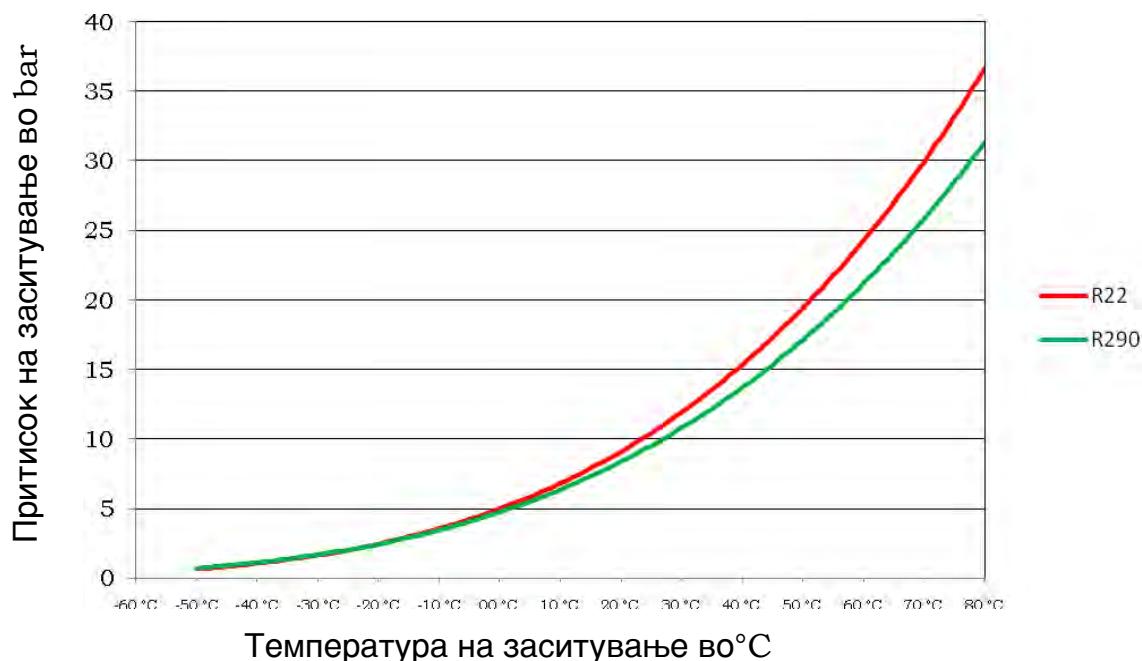
Пропанот како природно средство за ладење не е непознат и претставува едно од средствата за ладење за кои се предвидува дека ќе имаат поширока примена во иднина.

Општите карактеристики на пропанот се:

- ✓ Не е штетен за животната средина.
- ✓ Не предизвикува осиромашување на озонската обвивка ODP = 0.
- ✓ Низок потенцијал за глобално затоплување GWP = 3.
- ✓ Има широк спектар на примена во уредите за ладење и климатизација.
- ✓ Хемиски стабилен.
- ✓ Помала молекуларна маса.
- ✓ Пониски температури на потисниот вод.
- ✓ Не е корозивен.
- ✓ Има висок коефициент на корисност (COP⁵).
- ✓ Добар пренос на топлина.
- ✓ Не формира киселина во комбинација со влага.
- ✓ Не е токсичен.
- ✓ Запаллив – класа A3.

Како што може да се забележи, недостаток во употребата на пропанот како средство за ладење е запаливоста (сигурносна група – A3).

Ако се спореди пропанот како средство за ладење со средството за ладење R22, може да се забележи дека и двете се многу близки според работните параметри.



На сликата погоре се прикажани споредбените криви на средствата за ладење R22 и R290.

⁵COP – Coefficient of performance.

На сликата десно е прикажана споредбата помеѓу енталпиите при испарување во kJ/kg на средствата за ладење R22, R502 и R290.

Може да се забележи дека енталпиите при испарување на температура од 0°C за средствата за ладење R290 и R22 се:

$$h = 300 \text{ kJ/kg} \text{ за R290.}$$

$$h = 170 \text{ kJ/kg} \text{ за R22.}$$

Сето погоре напоменато го претставува средството за ладење R290 како одлично средство за замена на средевтото за ладење R22.

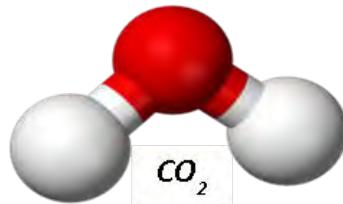
Во поглед на маслата за подмачкување, средевтото за ладење R290 може да ги користи и минералните и синтетските масла за подмачкување. Единствено на што треба да се обрне внимание е добрата растворливост на маслото со средевтото за ладење, што доведува до можноста за намалување на вискозитетот на маслото при определените температурни режими. Заради тоа, потребни се грејачи на резервоарот за масло.

Во принцип, сите стандардни компоненти на системот со средство за ладење R22 или R404A одговараат и на средевтото за ладење R290. Полнењето на системот со средство за ладење R290 е за околу 50% помало во споредба со средевтата за ладење R22 и R404A.

Единствено е важно при употребата на R290 како средство за ладење да се обрне особено внимание на безбедносните аспекти на користење на ова средство (види поглавје 5.6).

5.4.2. CO_2 како средство за ладење – R744

CO_2 е едно од најстарите средства за ладење. Во периодот од 1869 до 1885 година, Windhausen го развива концептот за ладење со CO_2 . Во 1881 година, Linde го развива првиот ладилен систем со CO_2 . Од 1887 година, компаниите Riedinger (Augsburg), Haubold (Chemnitz), Hall (Англија) произведуваат CO_2 ладилни системи за транспортните бродови. Во 1894 година, Молиер го развива дијаграмот за CO_2 како средство за ладење.



Со појавата на синтетските средства за ладење, се намалува употребата на CO_2 како средство за ладење.

Општите карактеристики на CO_2 се:

- ✓ Не предизвикува осиромашување на озонската обвивка $\text{ODP} = 0$.
- ✓ Низок потенцијал за глобално затоплување $\text{GWP} = 1$.
- ✓ Хемиски стабилен, не е токсичен.
- ✓ Евтино и распространето ладилно средство.
- ✓ Нема потреба од рециклирање или од собирање.

Недостатоци на ладилното средство CO_2 се:

- ✓ „Несреќни“ термодинамички карактеристики за стандардни атмосферски услови.
- ✓ Високи работни притисоци.
- ✓ Неопходност од изведба на *наткритичен систем*, при едностепени системи.
- ✓ Помалку економични од класичните ладилни системи со комплетна кондензација на ладилните системи.
- ✓ Иако е дефиниран како нетоксичен, при високи концентрации во просторот предизвикува надразнување на респираторниот систем при концентрации од 3 до 5 вол%, и предизвикува бессознание во концентрации од 7 до 10 вол %.

➤ КРИТИЧНА ТОЧКА

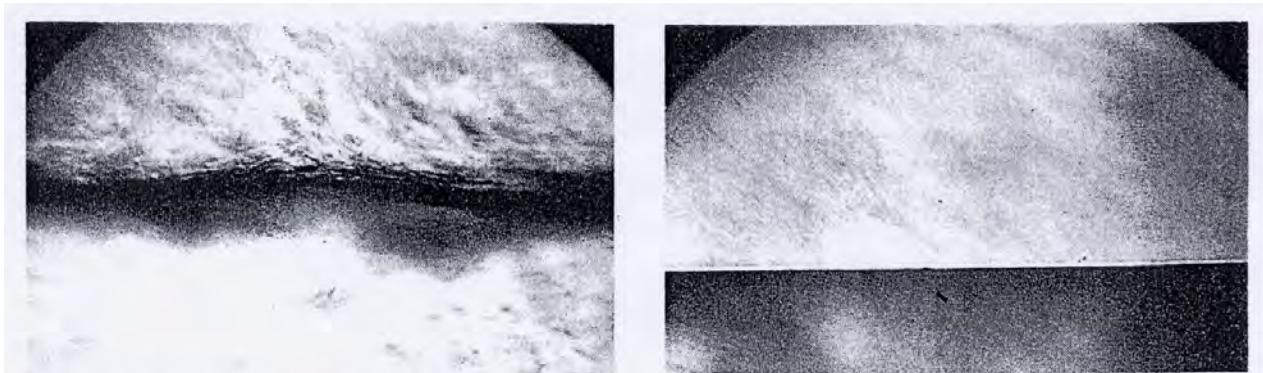
Еден од недостатоците на овој ладилен медиум, при изведба на едностепен парно-компресионен ладилен систем, е тоа што температурата на кондензација се наоѓа над критичната точка.

Што е критична точка?

Со научни експерименти е утврдено дека работниот медиум над определена температура не може повеќе да ја промени агрегатната состојба, односно да се втечни, независно од притисокот. **Оваа температура се нарекува критична температура.** Топлината од испарување над критичната температура е нула и не постои разлика помеѓу течната и гасовитата фаза.

Притисокот при кој се случува оваа состојба се нарекува **критичен притисок.**

Работната точка дефинирана со критичната температура и со критичниот притисок се нарекува **kritична точка.**

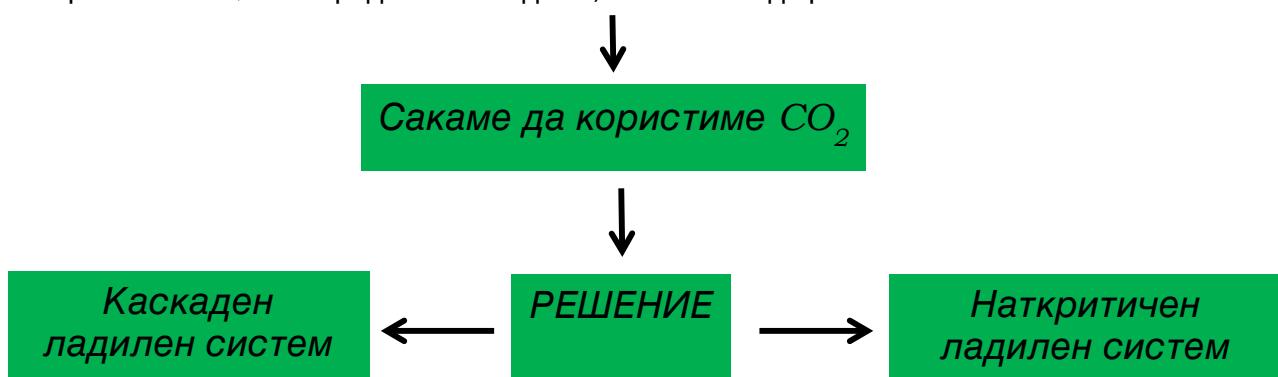


Над критичната точка не постои јасна поделба помеѓу гасовитата и течната фаза. Преминот од една во друга агрегатна состојба не е веќе јасно одвоен.

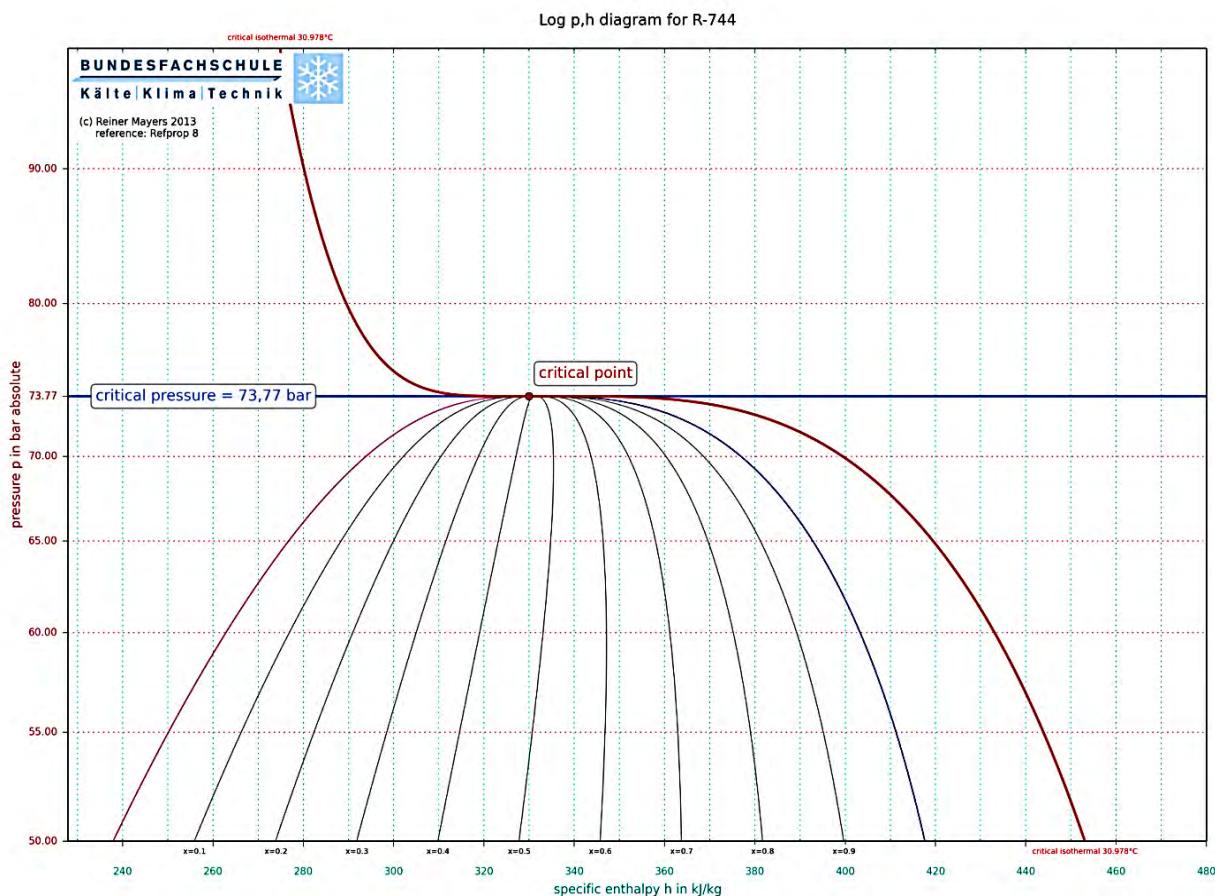
Под критичната точка постои јасна поделба помеѓу гасовитата и течната фаза. Преминот од една во друга агрегатна состојба е веќе јасно одвоен.

➤ Наткритичен и поткритичен ладилен систем

При амбиентна температура во летниот период од 35°C, и ако предвидиме за температура на кондензација $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$, доаѓаме до температура на кондензација од 45 °C. Ако користиме CO₂ како средство за ладење, веќе сме над критичната точка.



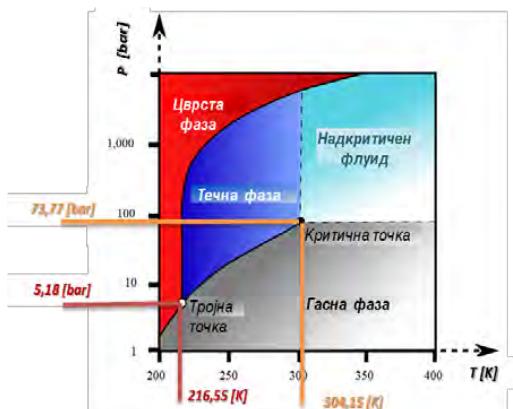
CO₂ средството за ладење најчесто се применува во каскадните индустриски ладилни системи, како секундарно средство за ладење или како секундарен ладилен медиум. Најчесто, во индустриските каскадни ладилни системи – примарно средство за ладење е амонијакот (R717).



Во Logp-h дијаграм за средството за ладење CO₂, погоре е прикажана критичната изотерма за ладилното средство CO₂.

➤ Тројна точка

Уште една од карактеристиките на ова средство за ладење е и тројната точка. При определен притисок и температура се постигнува рамнотежа помеѓу трите агрегатни состојби на средството: гасна, течна и цврста.



Тројната точка за средството за ладење CO₂ е при температура од -56.6°C и притисок од 5.18 бари.

При експанзија на средевтото за ладење под тројната точка се случува преод од цврста агрегатна состојба во гасна агрегатна состојба без притоа да има преод преку течна фаза. Оваа особина ја има CO₂ средевтото за ладење. При експанзија на CO₂ на атмосферски притисок од 1 бар, температурата на CO₂ е - 79 °C, се случува директен премин од гасна фаза во цврста фаза и се добива т. н. „сув мраз“. Сувиот мраз наоѓа широка примена при конзервацијата на одредени производи кајшто нема можност за механичко ладење.

Во поново време, со елиминацијата на HCFC средствата за ладење и најавата за елиминација на одредени HFC средства за ладење со висок потенцијал за глобално затоплување, се повеќе наоѓа примена во ладилните системи какви што се малите комерцијални ладилници за пијалаци, ладилните витрини во супермаркетите, производството на сув мраз и сл.

5.4.3. NH_3 како средство за ладење – R717

Исто како и CO_2 , и амонијакот е едно од најстарите средства за ладење. Амонијакот се применува во системите за ладење повеќе од 150 години. Дури и во периодот на широка примена на синтетските заситени флуороаглеводороди како средства за ладење, амонијакот останува во примена во голем број апликации, пред се заради добрите термодинамички својства и ниската цена. Денес во потрага по алтернативни средства за ладење, кои ќе ги заменат HCFC и HFC средствата за ладење, амонијакот се повеќе добива на значење.



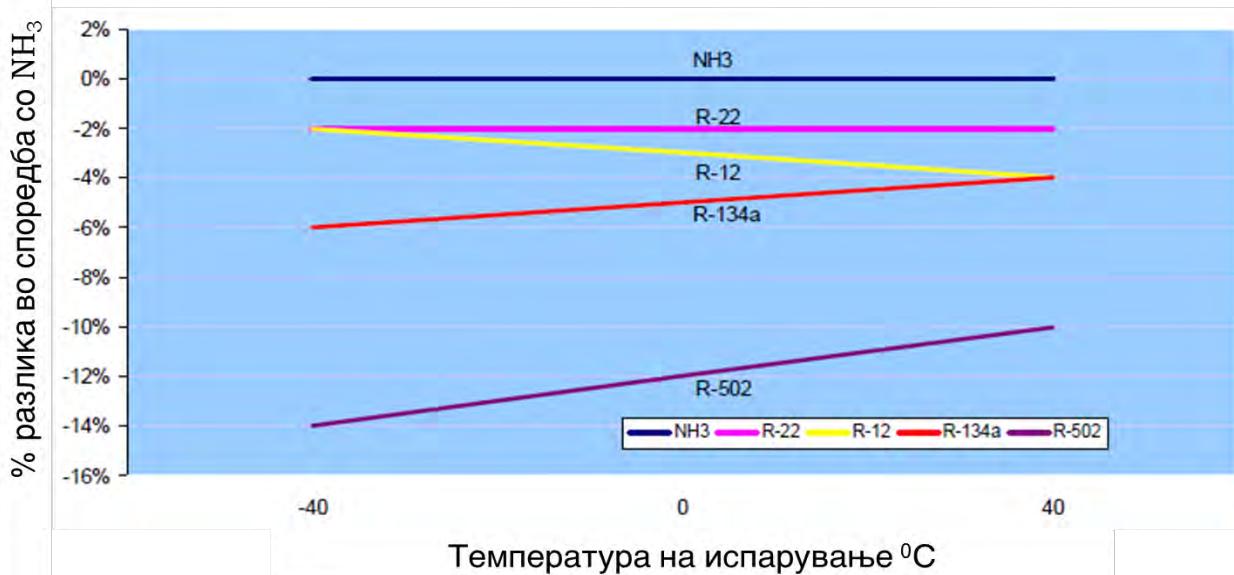
Општи карактеристики на амонијакот се:

- ✓ Не предизвикува осиромашување на озонската обвивка ODP = 0.
- ✓ Нема потенцијал за глобално затоплување GWP = 0.
- ✓ Широка достапност.
- ✓ Висока ефикасност на ладилниот циклус.
- ✓ Висок волуменски капацитет⁶.
- ✓ Јак мирис, лесно се детектира појавата на истекување.
- ✓ Инсталациите за амонијак се изведуваат со челични цевки, **не со бакарни цевки**.
- ✓ Според ASHRAE, спаѓа во класата B2L односно токсичен.
- ✓ Запалив при концентрација во воздух од 16 до 25%.

Амонијакот наоѓа широка примена во индустриските инсталации за ладење. Се користи при едностепени, но и при каскадни системи за ладење. Во поново време се произведуваат и чилери што се користат во делот на климатизацијата, но, за жал, се уште цената на овие уреди е многу висока.

На сликата подолу е прикажан споредбен графикон за коефициентот на корисност (COP) односно процентуалната разлика на амонијакот со средствата за ладење како R12, R22, R134a и R502, во зависност од температурата.

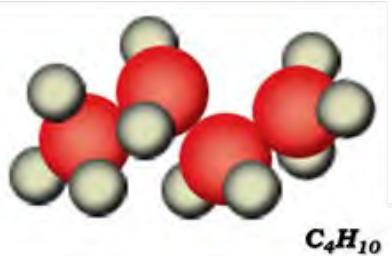
КОЕФИЦИЕНТ НА КОРИСНОСТ (COP)



⁶ Волуменски капацитет ја опишува способноста на одреден волумен од средството за ладење да складира внатрешна енергија, додека има промена на температурата, но без притоа да има фазна промена на средството за ладење

5.4.4. R600a – изобутан како средство за ладење

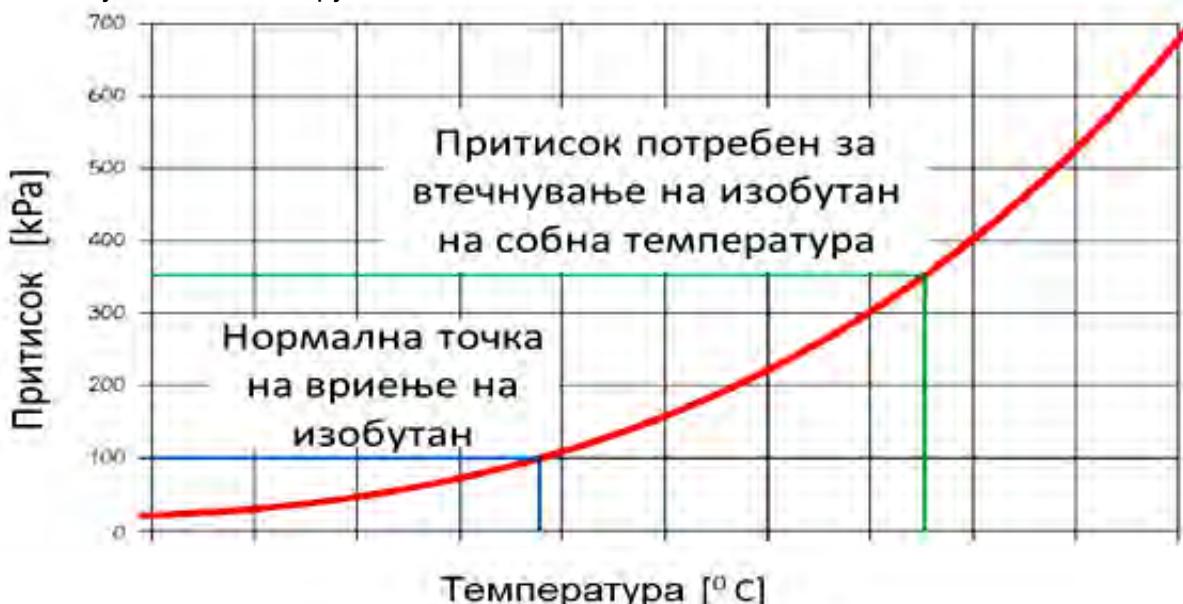
Средството за ладење R600a – изобутан е можна замена за средствата за ладење во домашните фрижидери и ладилници. Ова средство за ладење е природна супстанција и истото се применувало како средство за ладење во минатото до 40-тите години од минатиот век, кога било заменето со CFC и HCFC средствата за ладење. Заради своите еколошки карактеристики денес, тоа повторно наоѓа широка примена особено во Германија каде 90% од домашните фрижидери и ладилници го користат како средство за ладење.



Општите карактеристики на изобутанот се:

- ✓ Не е штетен за животната средина.
- ✓ Не предизвикува осиромашување на озонската обвивка ODP = 0.
- ✓ Низок потенцијал за глобално затоплување GWP = 3.
- ✓ Ниска цена.
- ✓ Широка распространетост – лесно достапен.
- ✓ Помала молекуларна маса – мали количини на полнење.
- ✓ Ниски работни притисоци.
- ✓ Не е корозивен.
- ✓ Има висок коефициент на корисност (COP).
- ✓ Добар пренос на топлина.
- ✓ Ниско токсичен.
- ✓ Запаллив – класа A3.

На сликата подолу е прикажана зависността на притисокот и температурата, потребни за втечнување и за испарување.



Заради неговата широка распространетост, на секаде низ светот се разговара ова средство за ладење да биде усвоено како главно средство за ладење што ќе се користи во домашните фрижидери и ладилници во иднина. Добрата енергетска ефикасност, но и различните карактеристики во одредени точки, имплицира адаптирање на системите за ладење при користењето на ова средство за ладење. Посебно внимание треба да се обрне на безбедносните аспекти поради неговата запаливост.

5.4.5. HFC – средства за ладење (Ф – гасови)

Ф – гасовите се вештачки произведени гасови од луѓето што се користат во различни сектори, а широка примена наоѓаат во системите за ладење и климатизација. Најчесто користените Ф – гасови спаѓаат во класата на хемикалии познати како флуоројаглеводороди HFC. HFC средствата за ладење скоро и да не се користеле пред 1990 година, кога полека се воведуваат како средства за ладење, кои ќе ги заменат CFC и HCFC средствата за ладење што имаат потенцијал на осиромашување на озонската обвивка.

Во 2007 година во Кјото, Јапонија, се организира меѓународна конференција на која се разговара за климатските промени и за нивните причинители, односно се идентификува спектарот на гасови што имаат потенцијал за глобално затоплување (GWP). На истата конференција е донесен т. н. Кјото протокол, кој има за цел да ги следи нив, да изврши превенција и намалување на емисиите на повеќе гасови, вклучувајќи ги и Ф – гасовите.

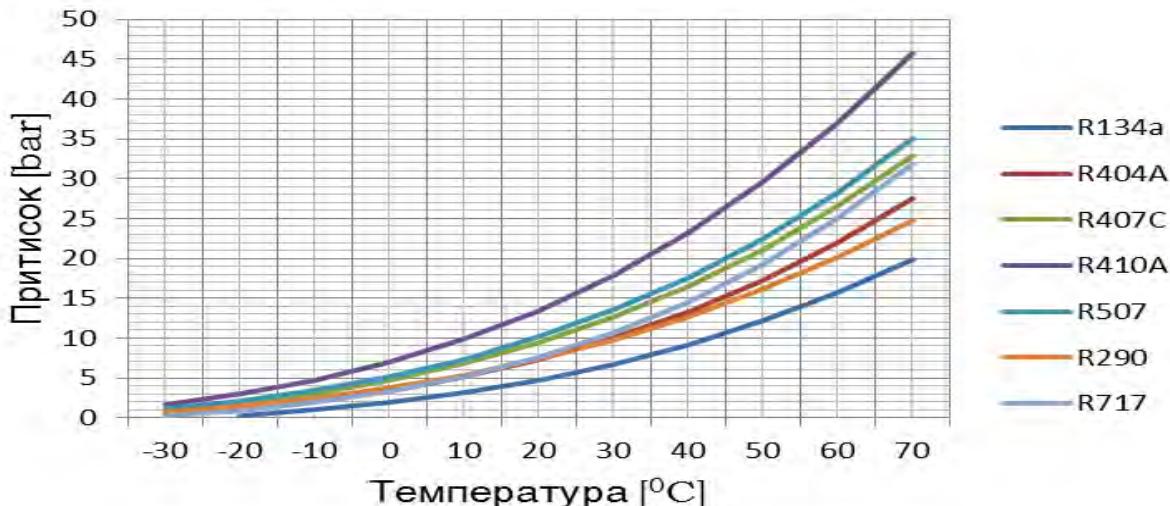
Во насока редукција и елиминација на Ф-гасовите, државите воведуваат законски рамки за контрола не само при тргувањето, туку и при ракувањето, употребата, квалификациите и обуките на корисниците (сервисерите) на овие средства за ладење. Во рамките на членките на Европската Унија, оваа легислатива е позната како Ф – гас Регулатива, и последните измени на оваа регулатива се донесени во 2014 година⁷.

Најраспространети и најкористени HFC средства за ладење во системите за ладење и климатизација се:

Средство за ладење	GWP ⁸	Сигурносна група
R134a	1300	A1
R404A	3260	A1
R407C	1520	A1
R410A	1720	A1
R507	3300	A1

Подетални карактеристики за секое од овие средства се дадени во табелата на страница 88, во табелата 1 – најчесто применувани средства за ладење во системите за ладење и климатизација.

На сликата подолу се прикажани зависноста на притисокот и температурата за најчесто користените средства за ладење.



⁷ REGULATION (EU) No. 517/2014.

⁸ Потенцијал за глобално затоплување. Вредностите за потенцијалот за глобално затоплување се земени според европскиот стандард EN378-1:2007.

Поради високите потенцијали за глобално затоплување на одредени средства за ладење и поради влијанието врз климатските промени, одржани се повеќе состаноци на телата на Монреалскиот протокол за супстанциите што ја осиромашуваат озонската обвивка, на кои се предлага HFC средствата за ладење да влезат во рамките на Монреалскиот протокол и во иднина да бидат постепено редуцирани на начин сличен на овој што се аплицираше при елиминацијата на групата на CFC односно HCFC средства за ладење.

Во Анекс А од овој прирачник се дадени Молиеровите дијаграми за најчесто користените средства за ладење.

5.5. Масла за подмачкување

Изборот на масло за подмачкување зависи, пред се, од користеното средство за ладење. Мал дел од маслото за подмачкување циркулира низ целиот систем заедно со средството за ладење. Во многу системи, враќањето на маслото во компресорот бара тоа да биде растворливо во средството за ладење. Растворливоста, исто така, го намалува негативното влијание на маслото во изменувачите на топлина.

Во табелата подолу се дадени типовите на масла што се користат со определени групи на средства за ладење според препораките на реномираниот производител на компресори – Bitzer.

Масла за подмачкување

	Традиционални масла				Нови масла			
	Минерални масла (MO)	Акрил бензен (AB)	Минерални масла + Акрил бензен	Поли-алфа олефин (PAO)	Полиестерски масла (POE)	Поливинил етер (PVE)	Полиалкилен гликол (PAG)	Водо третирани минерални масла
(H)CFC								
Сервисни мешавини								
HFC + мешавини								
HC - Јаглеводороди								
NH ₃								
	Добра соодветност				Особено критични при влага			
					VG			
	Примена со ограничувања				Можна промена на основната вискозност			
	Не соодветни				Проширување на тестирањата			

Во табелата погоре се дадени генерални информации за типовите на масла и за нивната соодветност со одредени групи на средства за ладење. Сепак, изборот на вистинскиот тип на масло и високозитетот на маслото за подмачкување зависи директно од намената на самиот систем за ладење или климатизација, како и од бараните работни параметри.

5.6. Безбедносни аспекти при користењето на природните средства и на НС средствата за ладење

Со развојот на науката се доаѓаше до сознанија дека определени средства за ладење штетно влијаат врз животната средина.

Најпрвин се дојде до сознание дека определени групи на средства за ладење ја осиромашуваат озонската обвивка. Заради тоа, средствата за ладење што имаат потенцијал за осиромашување на озонската обвивка како CFC средствата за ладење се елиминирани (повеќе не е дозволена нивната употреба) или се во фаза на елиминација (HCFC ќе бидат забранети за употреба во наредните години).

Пред дваесеттина години се појавија нови средства за ладење, а тоа се т. н. еколошки фреони. Овие средства за ладење немаат потенцијал за осиромашување на озонската обвивка, но имаат потенцијал за глобално затоплување. Последиците од глобалното затоплување се повеќе се чувствуваат насекаде во светот. Заради тоа, веќе се спомнува дека во блиска иднина и овие средства за ладење ќе бидат елиминирани, односно во употреба ќе останат само средствата за ладење што немаат потенцијал за осиромашување на озонската обвивка и имаат низок потенцијал за глобално затоплување.

Сето ова води во насока на поширока примена на природните средства за ладење и на средствата за ладење со низок потенцијал на глобално затоплување.

Главен проблем со кој се соочуваме при употреба на овие средства е тоа што тие спаѓаат во класите A2, A3, B2 или B3, односно се запаливи или токсични.

Пред употреба на кое било средство за ладење е најнапред потребно да се запознаеме со основните карактеристики на тоа средство за ладење. Употребата на средства за ладење кои се запалливи или токсични подразбира и запознавање со безбедносните аспекти не само на самата опрема, туку и на просторот во кој опремата ќе се инсталира.

➤ ЗАПАЛИВОСТ

За да настане палење е потребно да бидат истовремено обезбедени три условия и тоа:

- 1) Истекување на ладилното средство.
- 2) Да се создаде мешавина со кислород во рамките на експлозивните граници (повеќе од 2% јаглероводород, но помалку од 10%).
- 3) Извор на палење (топлина на согорување поголема од 0.25 MJ/kg или температура повисока од + 430 °C).

Ако еден од овие услови не е исполнет-- нема да настане палење.

Во табелата подолу се прикажани експлозивните граници при определени концентрации во воздух, како и точката на палење.

	Експлозивни граници при концентрација во воздух Vol. -%	Точка на палење во °C
Propan (R290)	1.7 – 9.5 (31 - 180g/m ³)	470
n-Butan (R600)	1.4 – 9.3 (33 - 225g/m ³)	370
iso-Butan (R600a)	1.8 – 8.5 (44 - 210g/m ³)	460
Propen (R1270)	2 – 11.1 (51 - 200g/m ³)	455
Ethan (R170)	3-16	515
Ammoniak (R717)	15.5 – 27.0	> 400

Покрај ознаката А2, А3, Б2 или Б3, постојат уште други показатели и параметри што треба да се земат предвид при определувањето на прифатливите количини на полнење при одредените услови. Тоа се следниве параметри:

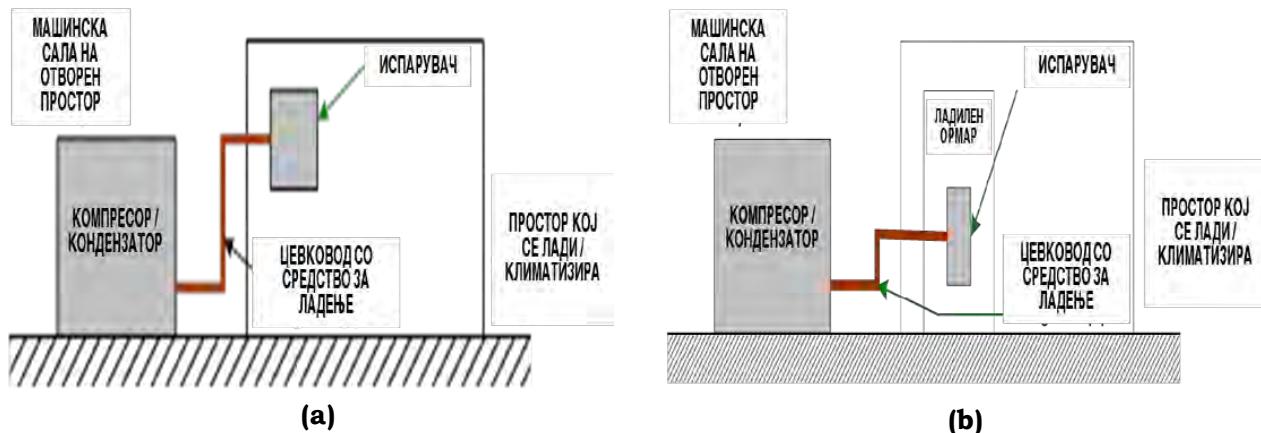
- ✓ **Долна граница на запаливост** (LFL – Lower Flammability limit) – претставува најмала концентрација на средство за ладење што има способност за ширење на пламен во хомогена мешавина на средството за ладење и воздух.
- ✓ **Температура на самозапалување** – најниска температура на која или над која хемикалијата почнува да гори, при атмосферски притисок, без надворешен извор на палење, како пламен или искра.
- ✓ **Акутна граница на токсична изложеност** (ATEL – Acute toxicity exposure limit) на средството за ладење, се однесува на ограничувањето на средството за ладење кое може да биде ослободено во просторијата или во околината, односно ја претставува најмалата количина на ладилно средство што може да предизвика токсиколошки ефекти врз луѓето и врз животната средина.
- ✓ **Практична граница** (PL – Paractical limit) и **границна концентрација во просторијата** (RCL – room concetration limit). Ова е понатамошна безбедносна мерка за примената на средствата за ладење и претставува највисоко ниво на концентрација во определен простор што нема да предизвика одредени ефекти (на пример, акутни ефекти). Во основа, овие граници ја претставуваат најниската опасна концентрација на средства за ладење со применета со фактор на сигурност. За класите на средства за ладење А1, В и понекогаш класата А2L, практичната граница и граничната концентрација нормално се базира на акутната граница на токсична изложеност (ATEL) додека, пак, за класите А2 и А3, таа се базира на долната граница на запаливост.

➤ Класификацијата на ладилните системи, локација и просторна зафатеност

При примена на средства за ладење во системите, треба да се земат предвид локалните еколошки и безбедносни аспекти, односно импликациите што може да ги предизвика самиот систем, во поглед на количината на средство за ладење што системот ги содржи. Постојат различни изведби на ладилните системи во поглед на нивната локацијска поставеност и просторна зафатеност.

Според европскиот стандард EN378-1:2007, во зависност од изведбата на системите, тие се делат на:

- директни





(c)

(d)

Пример за директни системи

• индиректни



(e)

(f)

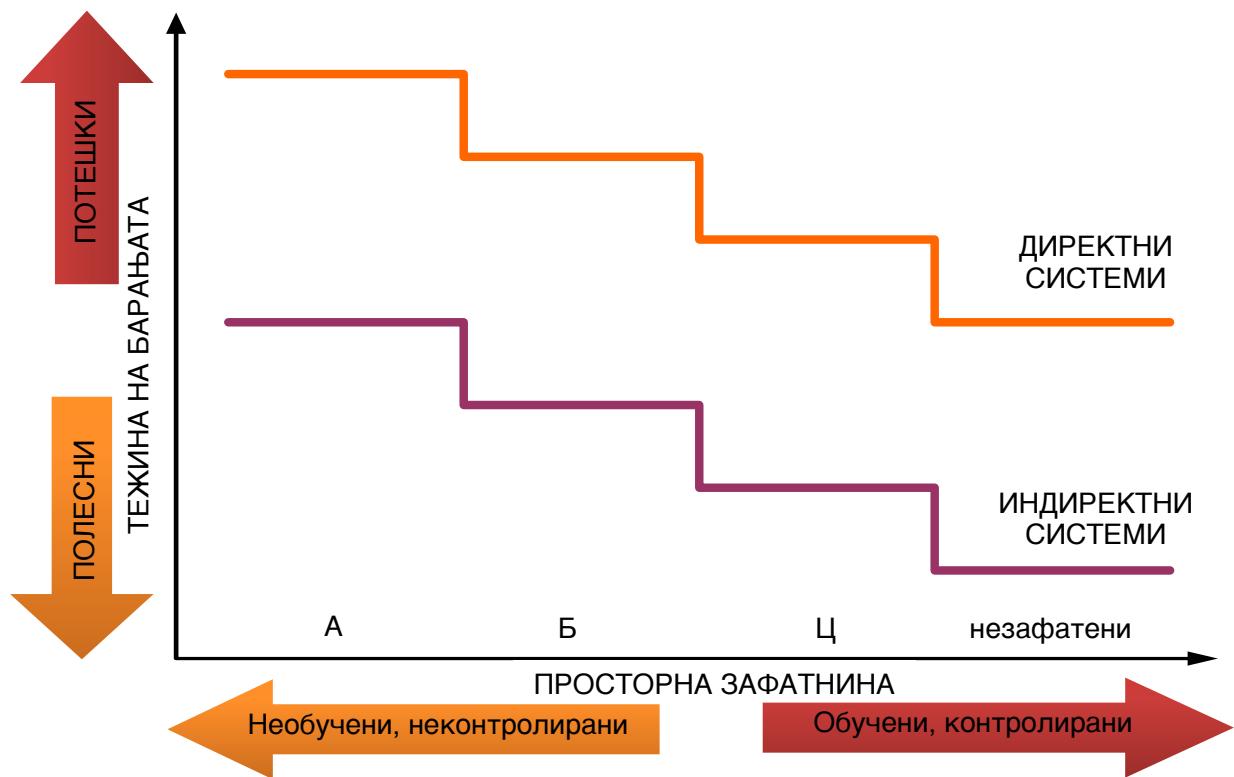
Пример за индиректни системи

Според истиот стандард, просторната исполнетост се дефинира како простор класифициран според сигурноста на лицата кои се наоѓаат во него, кои можат да бидат директно изложени на последиците од неправилно функционирање на ладилниот систем. Разгледувањата на сигурноста на ладилниот систем ги зема предвид просторот, бројот на луѓе во просторот и категоријата на зафатеност.

Според овој стандард, просторната зафатнина се дели на три категории:

- ✓ **Категорија А** – Генерално зафатени, места каде луѓето спијат или бројот на луѓе не се контролира и каде секое лице има пристап без да биде лично обучено или запознаено со личните безбедносни предупредувања.
(во оваа категорија спаѓаат болниците, центрите за нега на лица, казнено-поправните установи, театрите, супермаркетите, транспортните терминали, библиотеките, кините, хотелите, ресторите, лизгиштата, превозните средства и сл.).
- ✓ **Категорија Б** – Надгледувани (контролирани) простори, соби или делови од згради каде се наоѓаат само ограничен број на луѓе, и каде дел од нив се запознаени со личните безбедносни предупредувања.
(во оваа категорија спаѓаат лабораториите, производствените погони и деловните простории - канцеларии).
- ✓ **Категорија Ц** – Простории со авторизиран пристап, кои се затворени за лица без авторизиран пристап. Лицата, кои се авторизирани, се запознаени со личните безбедносни предупредувања. (во оваа каегорија спаѓаат ладилниците, рафинериите, клиниките, производните погони во хемиската, прехранбената индустрија и погоните за производство на мраз и сладолед).

Машинските сали се сметаат за незафатени (неисполнети).



На slikata погоре е прикажан односот на типот на системот во зависност од категоријата на просторната зафатеност.

Поимот „тежина на барањата“ и поделбата на потешки и полесни баирања се однесува на обврската за проектирање и на конструкцијата на ладилната опрема која вклучува:

- Граници на дозволената количина на средства за ладење во системот.
- Број на сигурносни уреди (како сигурносни вентили за висок притисок, пресостати и температурни сензори) што треба да се додадат на системот.
- Употреба на дополнителни уреди како детектори на гас, детектори на истекување како и механичка вентилација.

Во Анексот Б од прирачникот е даден извадок од стандардот EN378-1:2007 во кој е прикажана класификацијата на просторната зафатеност.

➤ **Инсталирање на нови и сервисирање на постоечки системи со природни средства за ладење**

Како резултат на се што беше погоре наведено, може да се заклучи дека при ракувањето со природните средства за ладење и со средствата со низок потенцијал на глобално затоплување, преку инсталирањето на нова опрема или преку сервисирањето на постоечката опрема, се бара и преземање и почитување на определните безбедносни мерки, запознавање со законската регулатива, запознавање со самиот систем и разгледување на опасностите и на влијанието на системот од еколошки и од безбедносен аспект.

Ова подразбира правење проценка на ризикот од запаливост и токсичност на следниот начин:



➤ **Обука на сервисерите**

Обуката на сервисерите има важна улога во процесот на поширока примена на овие средства за ладење. Потребно е сервисерите да се обучуваат според посебно изгответи програми за работа со ваков тип на средства. Програмата е потребно постојано да се надградува и да се надополнува, следејќи ги промените и новитетите како од областа на системите, така и од областа на стандардите и на регулативата.

Потребно е да се користат алатки и лични заштитни средства, адекватни и наменети за соодветното средство за ладење. Не постојат исклучоци од правилото „Сигурниот начин е правилниот начин“. Сервисерот за време на инсталирањето или на сервисирањето користи алатки, средство за ладење и масла. Изложен е на различни опасности и заради тоа е потребно да биде запознаен со опасностите и да ги почитува поставените знаци и предупредувања на самата опрема. Аспектите на безбедност на сервисерот ги опфаќаат следниве сегменти:

- Користење на лична заштитна опрема.



- Почитување на поставените знаци за предупредување на самата опрема.



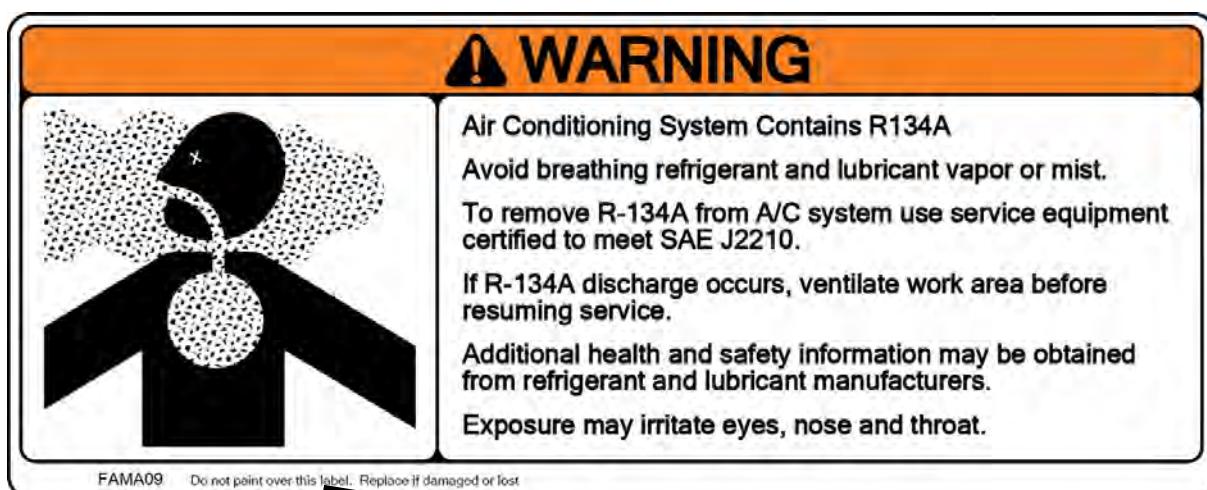
Опасност: Запалливо средство за ладење



Опасност: Електрична енергија - под напон



Опасност: Топла површина



Да не се бои преку оваа налепница. Да се замени во случај на оштетување или на губење.

- Користење на исправни и на соодветни алатки.
- Почитување на предупредувањата на самите цилиндри од средствата за ладење.



- Користење на исправни електрични алатки и исклучување на напонот при работа со електричните компоненти на уредот.
- Почитување на препораките дадени од страна на производителот на опремата во упатството за инсталирање и одржување.



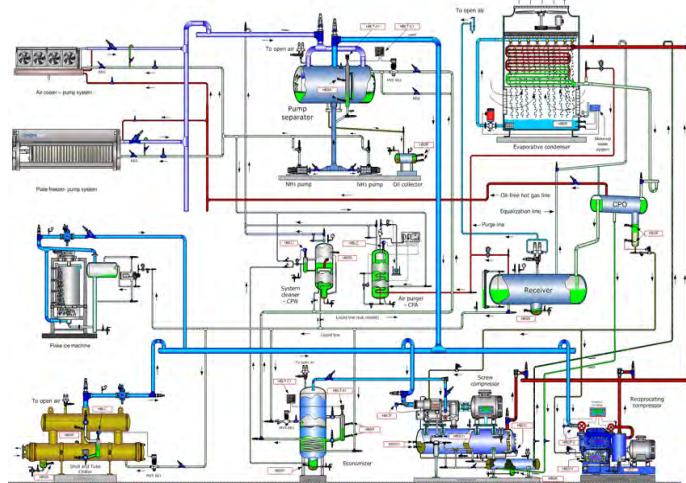
Примери за користење на лична заштитна опрема.

Светските трендови сè повеќе се ориентирани кон користење на овие средства за ладење. Најголем дел од домашните ладилници користат R600a. Сé повеќе се употребуваат системи кои користат R290 како средство за ладење. Во Америка се произведуваат и чилери со амонијак како средство за ладење. Сепак, цената на овие уреди е сé уште висока.

Во Република Македонија постои традиција за користење на амонијакот како средство за ладење особено во индустриските системи за ладење. Неговата употреба полека стагнира во изминатите триесеттина години, но се очекува повторно да најде поширока примена. За користење на амонијакот како средство за ладење е потребна посебна обука не само на инсталаторите и на сервисерите на амонијачните инсталации, туку и на самите оператори. Сигурната работа со амонијачните инсталации подразбира развивање и имплементирање на признаени и на општо прифатени добри работни и сервисни практики. Тоа подразбира изработка, користење и сервисирање на амонијачните инсталации согласно законските регулативи, стандарди, водичи и упатства, техничка документација за инсталацијата, и сигурносни процедури.

Како збир на сето што е погоре наведено, а водејќи се од правилото за сигурна работа со амонијачните системи „Задржи го амонијакот внатре во системот“, ова подразбира:

- ✓ Развивање и разработка на работни процедури што, пак натаму подразбира:
 - Изработка и поставување на работен дијаграм од инсталацијата во машинската сала.



На работниот дијаграм е прикажан комплетниот систем со сите елементи вградени во него. **Операторите и сервисерите на инсталацијата задолжително за време на обуката се запознаваат и го проучуваат работниот дијаграм.**

- Бележење на инсталацијата и на опремата во машинската сала.



Ознаките на елементите на системот и инсталацијата се соодветни на ознаките на работниот дијаграм.

- Почитување на пропишаните работни процедури, на

процедурите за време на сервисирањето и на процедурите во случај на аларм и на хаварија. Овие процедури се истакнати на видно место и операторите и сервисерите на инсталацијата во текот на обуката детално се запознаваат со нив.

► Работните процедури подразбираат водење на евиденција (записи) за работните параметри во определени мерни точки на системот. Тоа помага при следењето на работата на системот и при забележувањето на одредените недостатоци во работата.

► Сервисните процедури ги пропишуваат правилата за работа на основните сервисни активности (промена на маслото во системот, полнење на системот со амонијак, промена на вентили и компоненти на системот, периодични проверки на одредени компоненти и на инсталацијата и водење евиденција за сите извршени сервисни активности.



На сликата погоре е прикажана редовна сервисна активност – отстранување на маслото од системот.

Во овие процедури се пропишани задолжителните периодични прегледи и проверки на системот и компонентите на системот, како и санацијата на забележаните недостатоци.



► Процедурата за време на алармите ги опишува постапките на операторите и на сервисите во ургентни ситуации за спречување на хаварија од поголеми размери.

► Процедурата за време на хаварија ги опишува постапките и одговорностите на сите инволвирани лица за време на хаваријата на инсталацијата.

✓ Задолжително користење на лична заштитна опрема

Покрај погоре наведената заштитна опрема, при работа со амонијак се користат и заштитни маски за заштита на респираторниот систем, како заштитни престилки за заштита од прскање на амонијак на облеката, заштита на рацете и нозете итн.



✓ Задолжителната обука на операторите и на сервисите на системот подразбира:

► Запознавање на операторите и на сервисите со основните карактеристики на средството за ладење (основните карактеристики на амонијакот).

► Запознавање на операторите и на сервисите со работниот дијаграм и со карактеристиките на системот.

► Запознавање на операторите и на сервисите на системот со работните процедури, сервисните процедури, заштитните уреди на системот, процедурите во случај на аларми и на хаварија.

► Запознавање на операторите и на сервисите на системот со давањето прва помош во случај на:

- Мерки за прва помош при вдишување.
- Мерки за прва помош во случај на контакт со кожата.
- Мерки за прва помош во случај на контакт со очите.
-

► Запознавање на операторите и на сервисите на системот со мерките во случај на пожар.

► Проучување на примерите на хаварии на амонијачните инсталации.

► Практична работа на амонијачната инсталација.

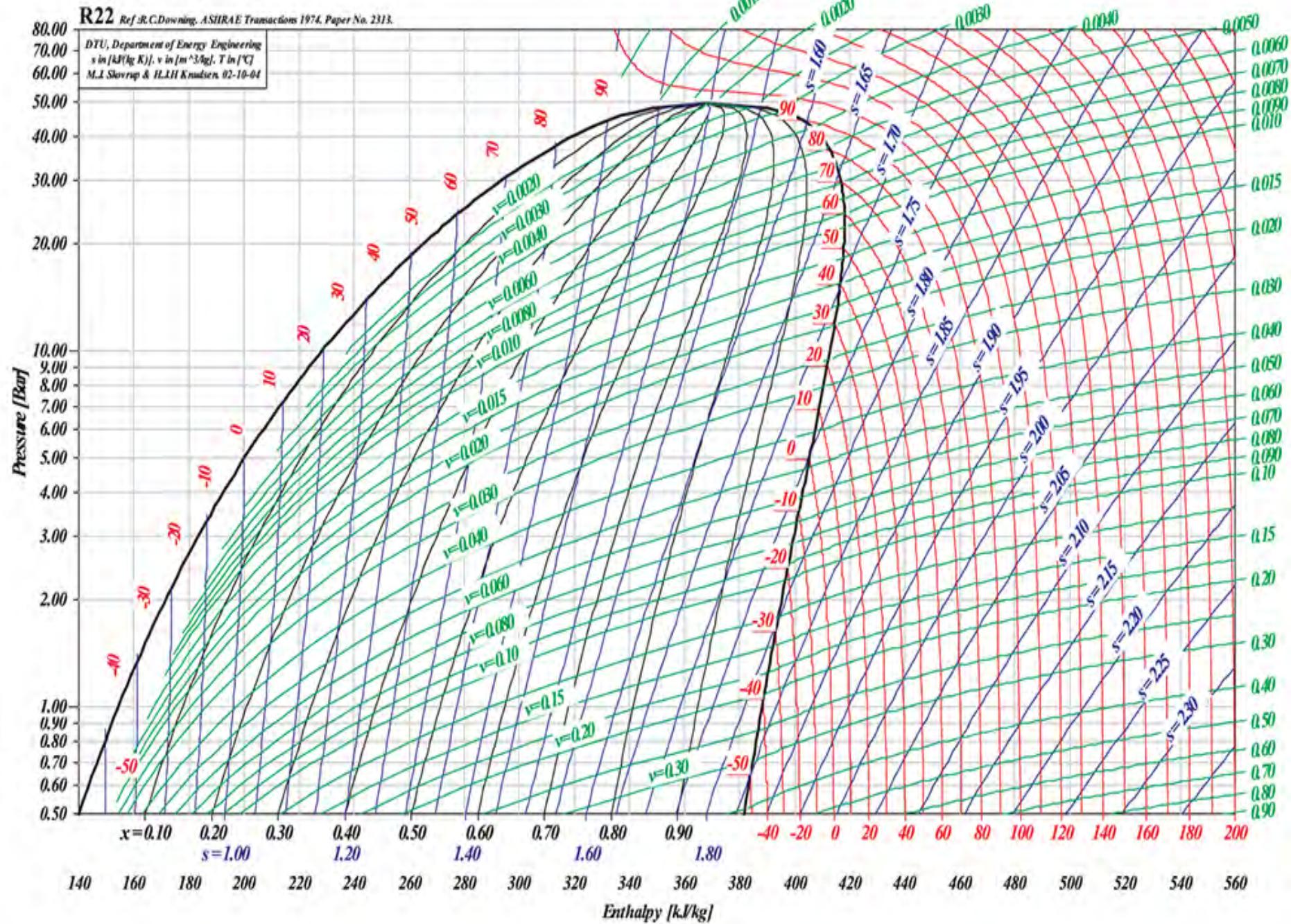
На сликите што следат подолу се прикажани примери за хавариско истекување на амонијак од инсталациите на Millard Refrigerated Services Inc. од Америка на 28 август 2010 година, како последица на хидрауличен удар на амонијак.



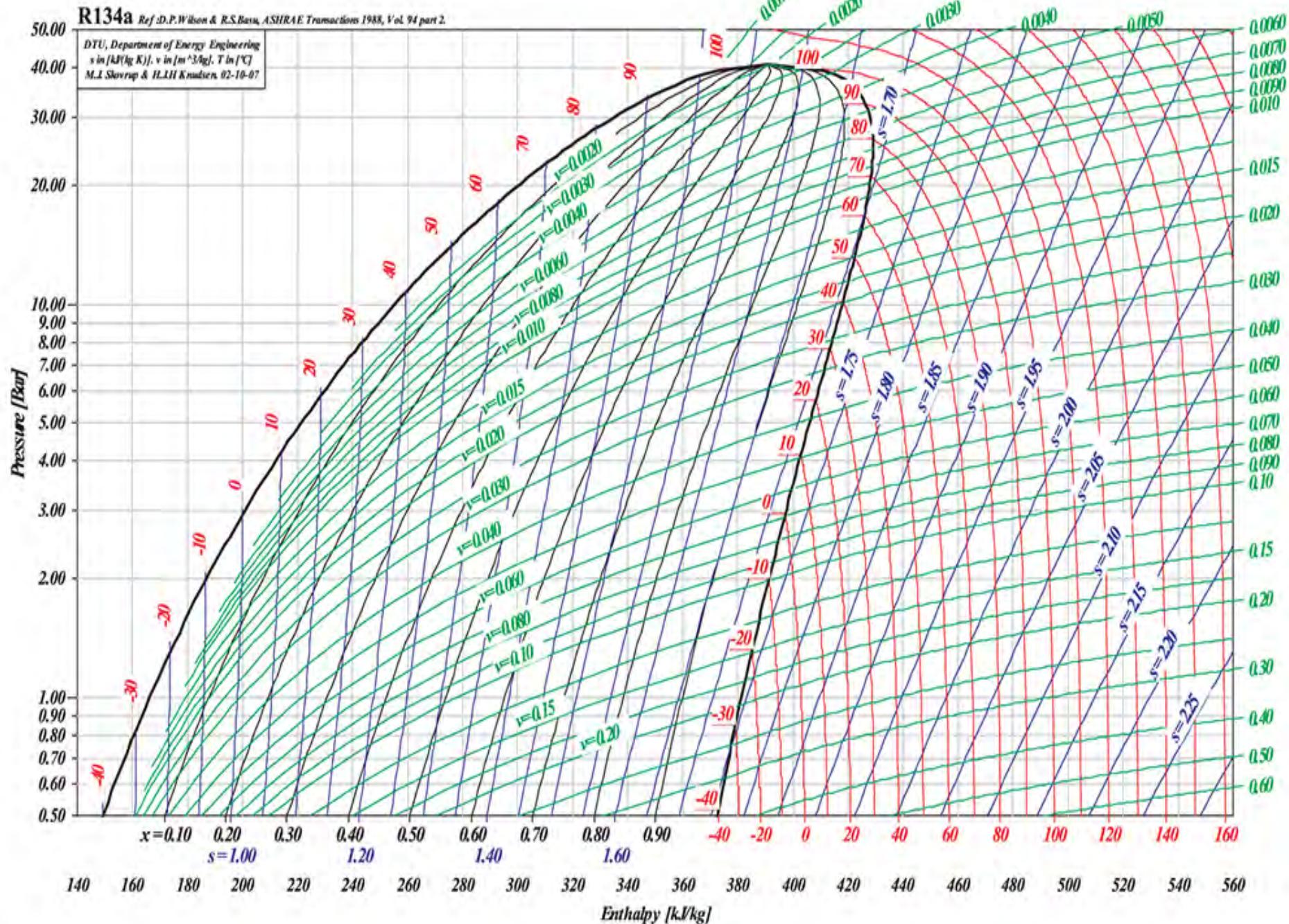
Сето она што погоре беше напоменато, освен за амонијачните системи, важи и за системите што содржат јаглеводороди како средство за ладење.

Работата на овие системи што содржат природни средства за ладење и јаглеводороди е слична или многу блиска на работата на конвенционалните системи што содржат HCFC или HFC средства за ладење. Единствената разлика е во пристапот кон работата, во стриктното почитување на безбедносните аспекти и процедури за работа со овие средства и во постојаната обука на сите инвоолвирани странки за работа со овие средства за ладење.

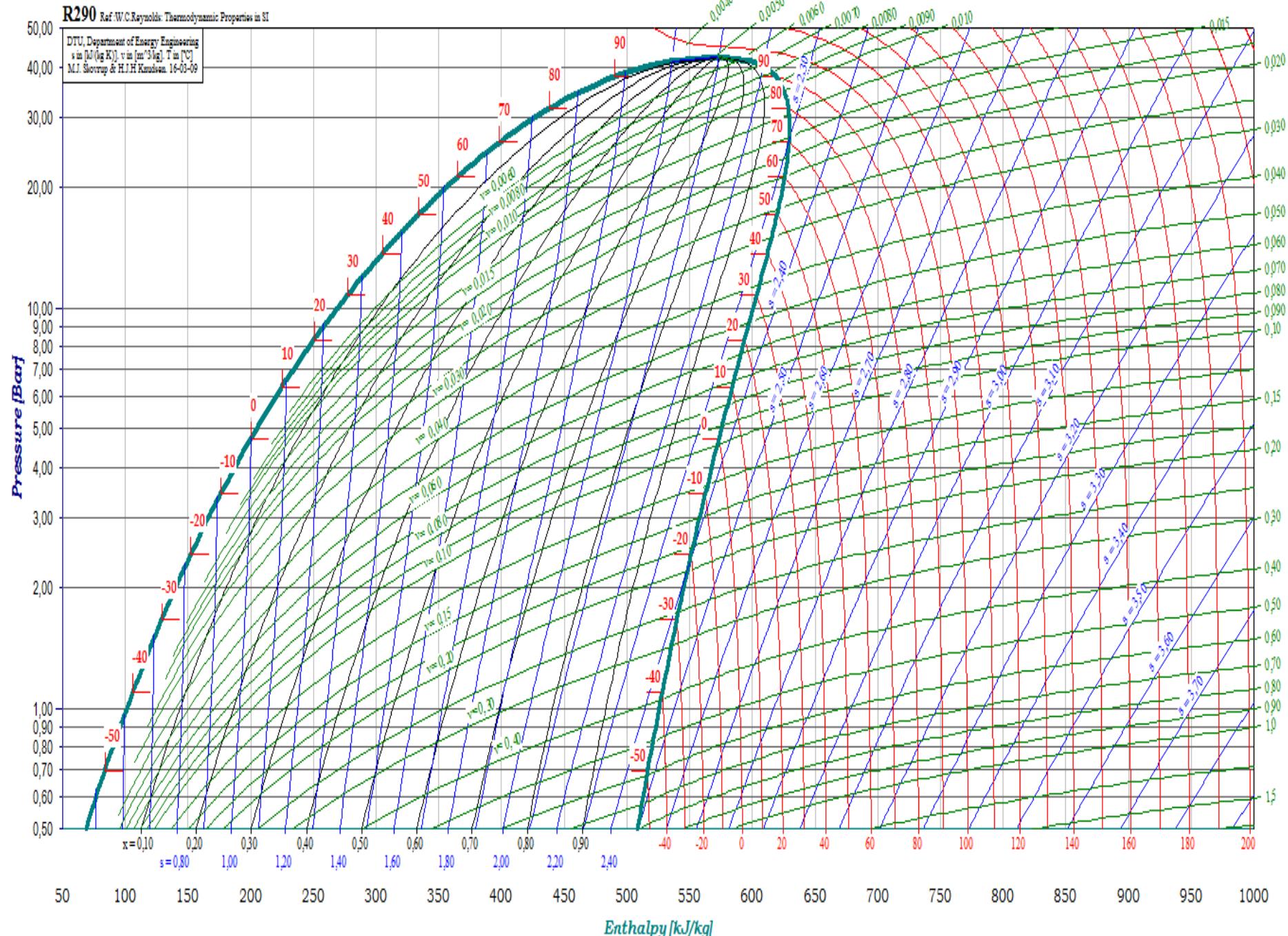
АНЕКС А - МОЛИЕРОВИ ДИЈАГРАМИ ЗА НАЈЧЕСТО КОРИСТЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ



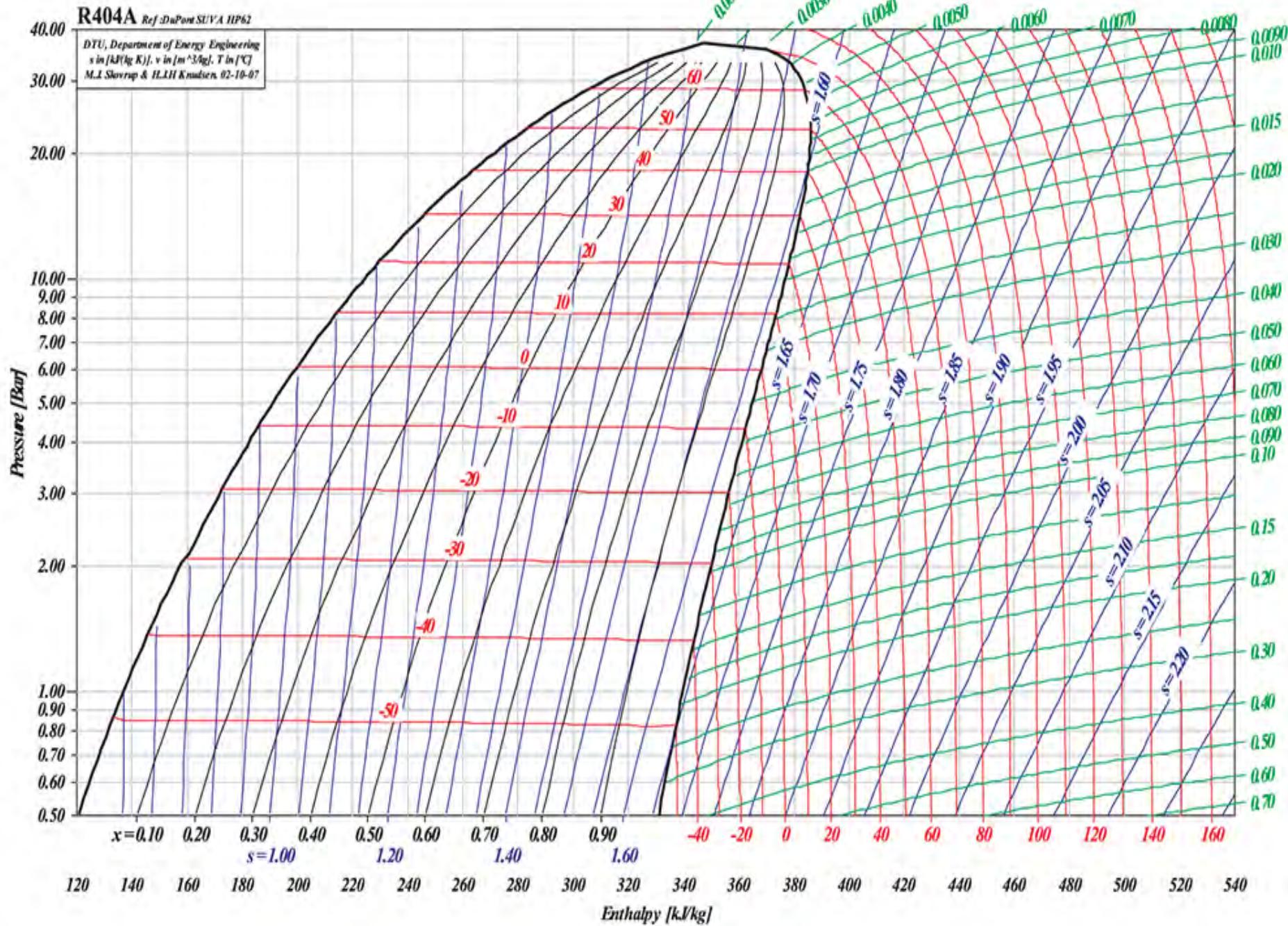
АНЕКС А - МОЛИЕРОВИ ДИЈАГРАМИ ЗА НАЈЧЕСТО КОРИСТЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ



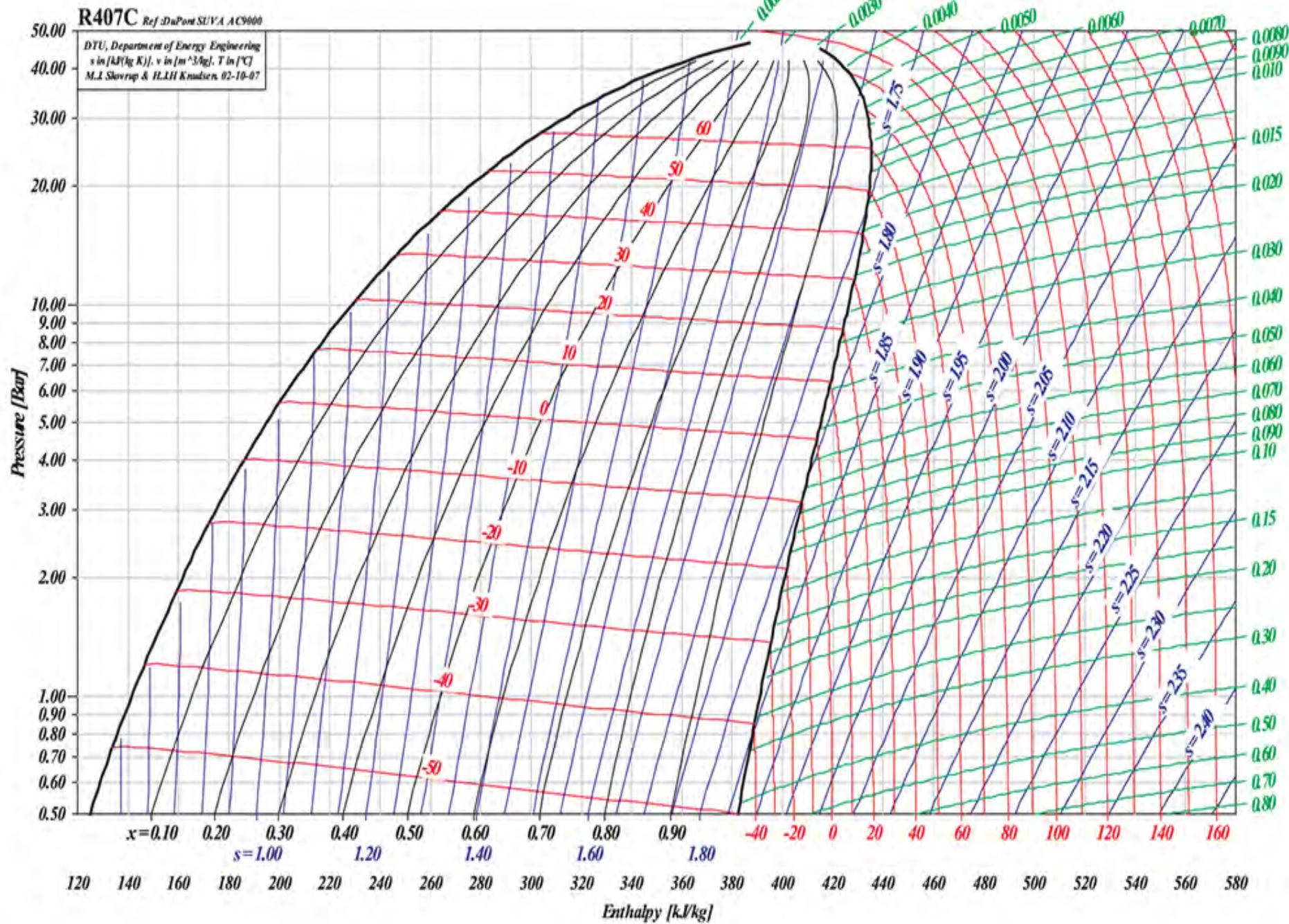
АНЕКС А - МОЛИЕРОВИ ДИЈАГРАМИ ЗА НАЈЧЕСТО КОРИСТЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ



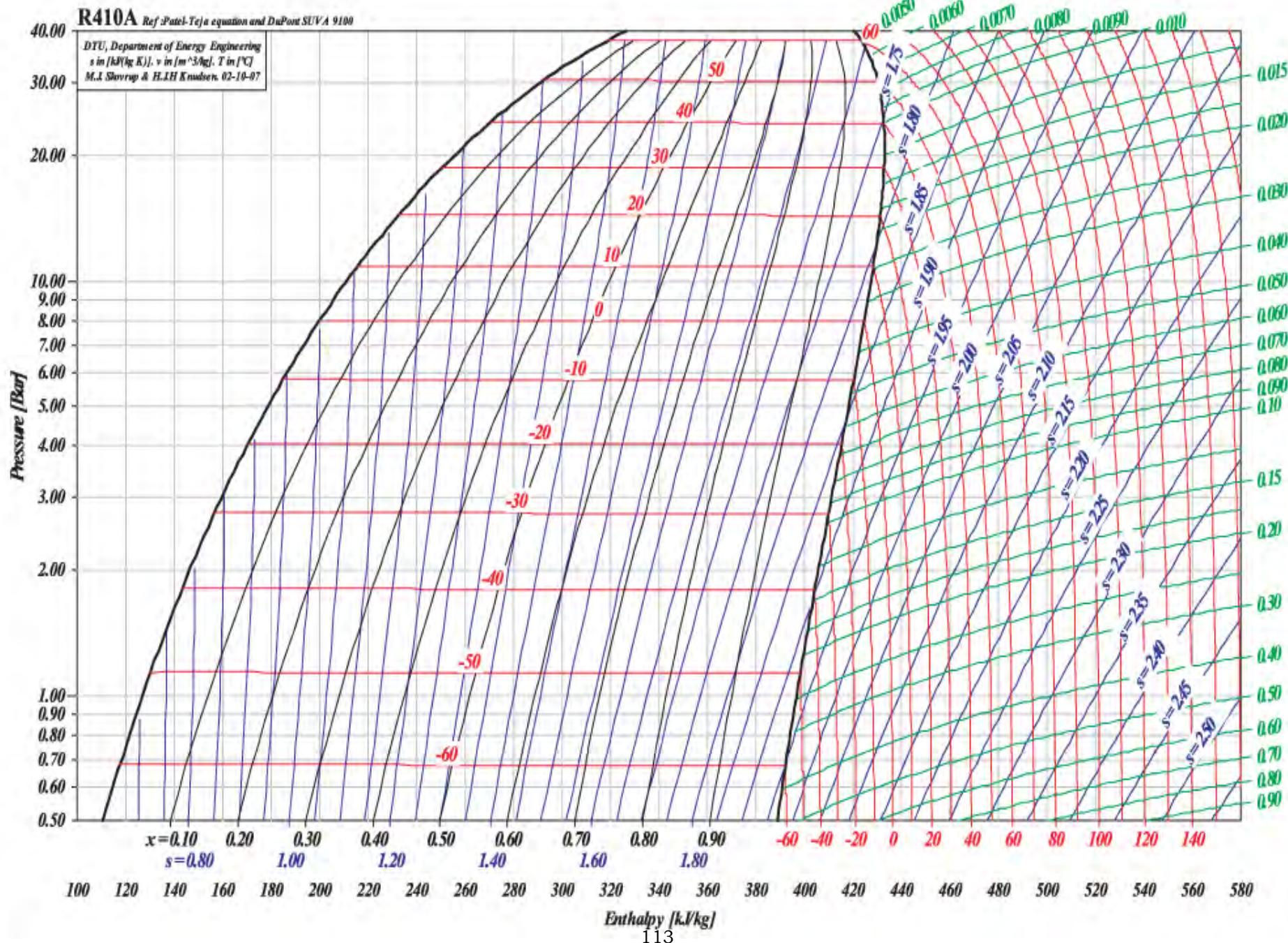
АНЕКС А - МОЛИЕРОВИ ДИЈАГРАМИ ЗА НАЈЧЕСТО КОРИСТЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ



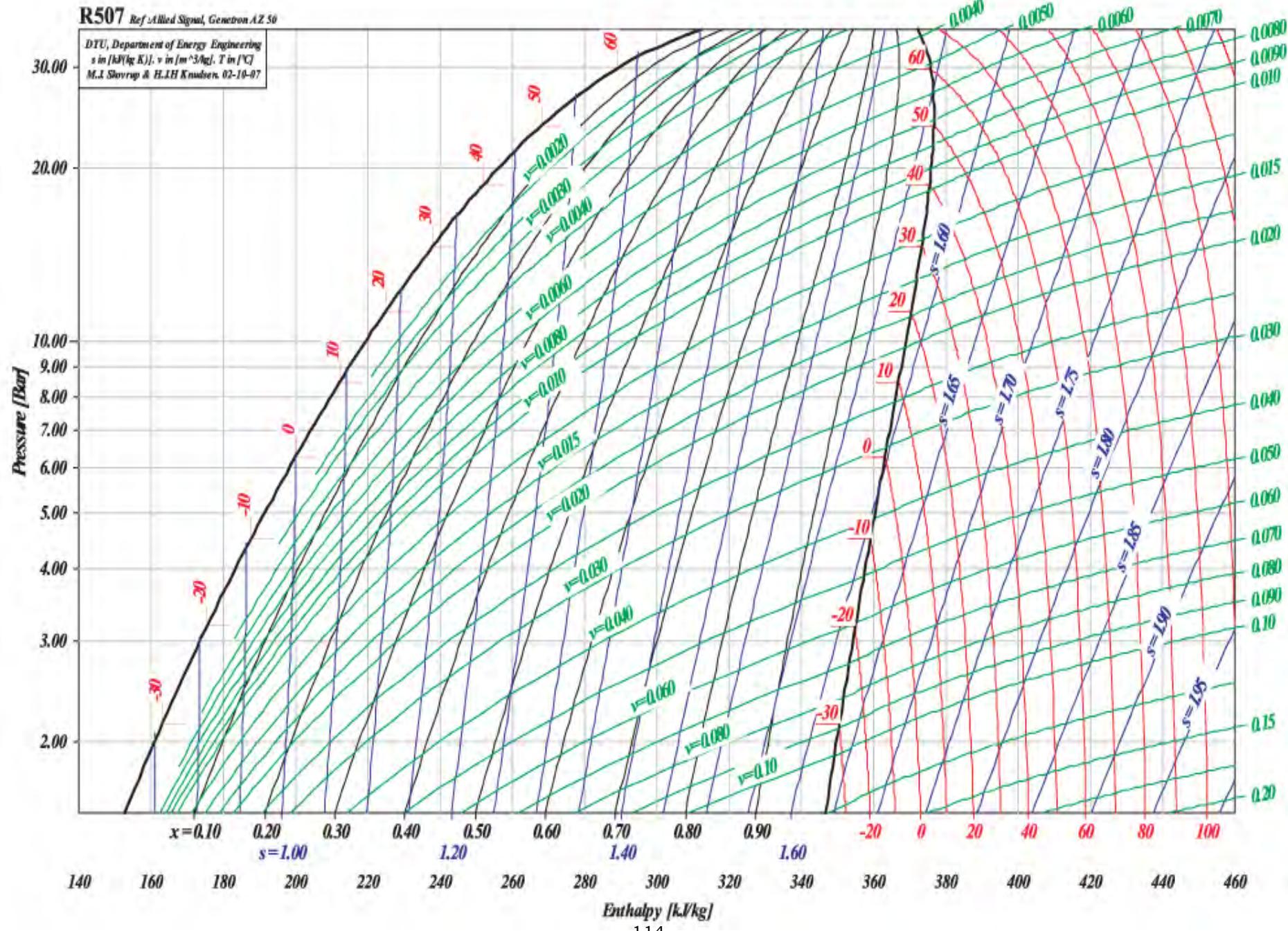
АНЕКС А - МОЛИЕРОВИ ДИЈАГРАМИ ЗА НАЈЧЕСТО КОРИСТЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ



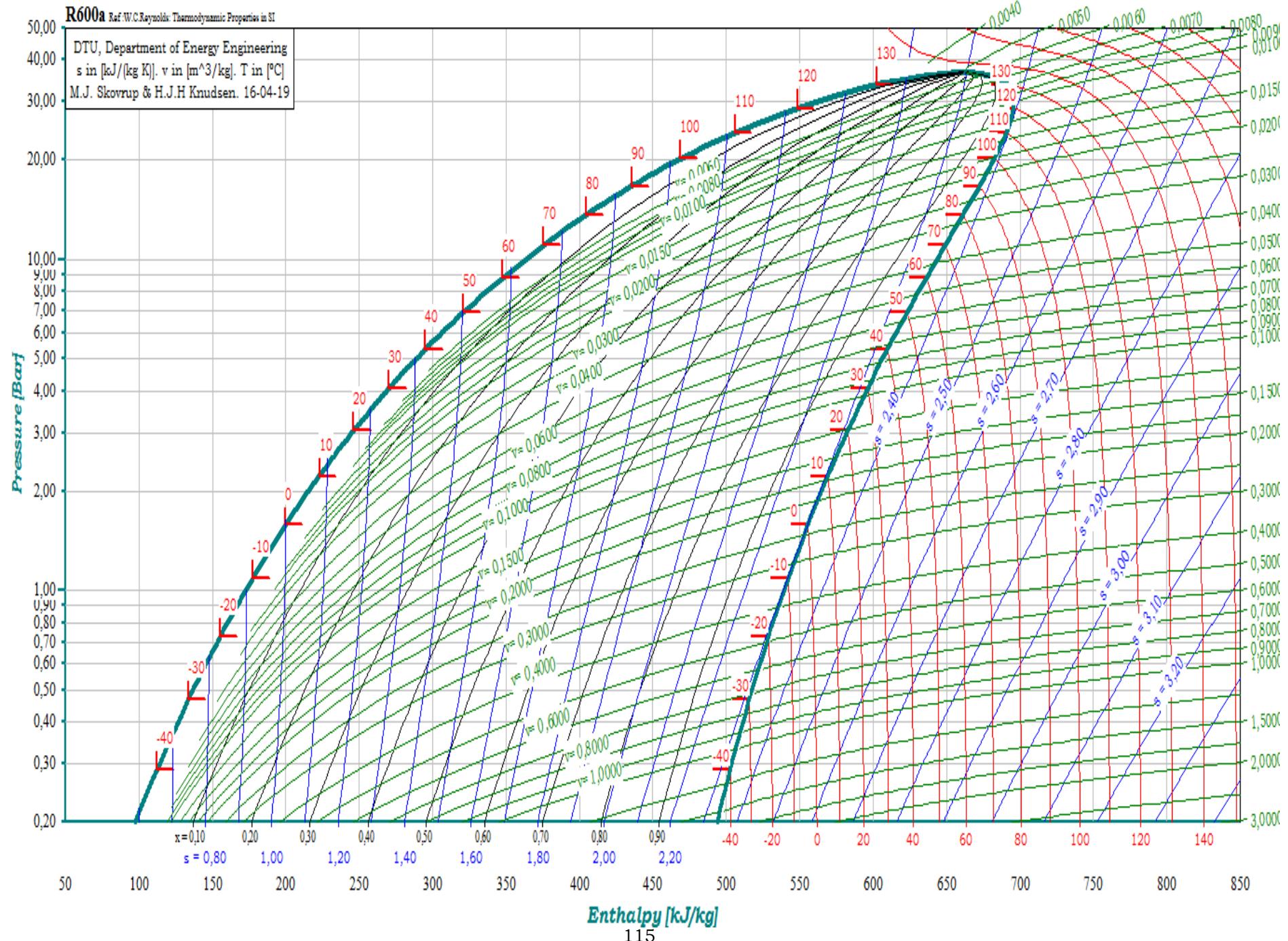
АНЕКС А - МОЛИЕРОВИ ДИЈАГРАМИ ЗА НАЈЧЕСТО КОРИСТЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ



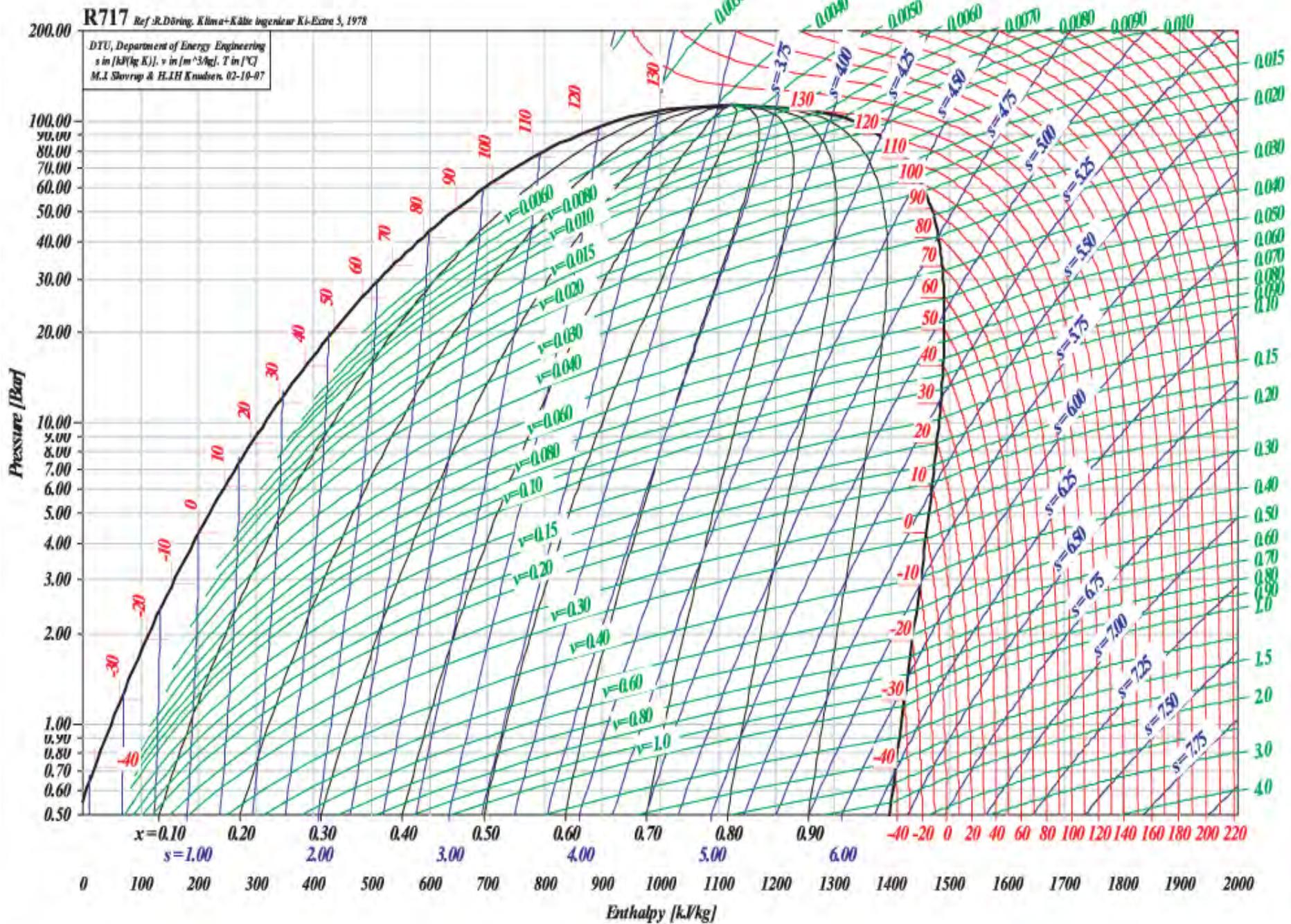
АНЕКС А - МОЛИЕРОВИ ДИЈАГРАМИ ЗА НАЈЧЕСТО КОРИСТЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ



АНЕКС А - МОЛИЕРОВИ ДИЈАГРАМИ ЗА НАЈЧЕСТО КОРИСТЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ



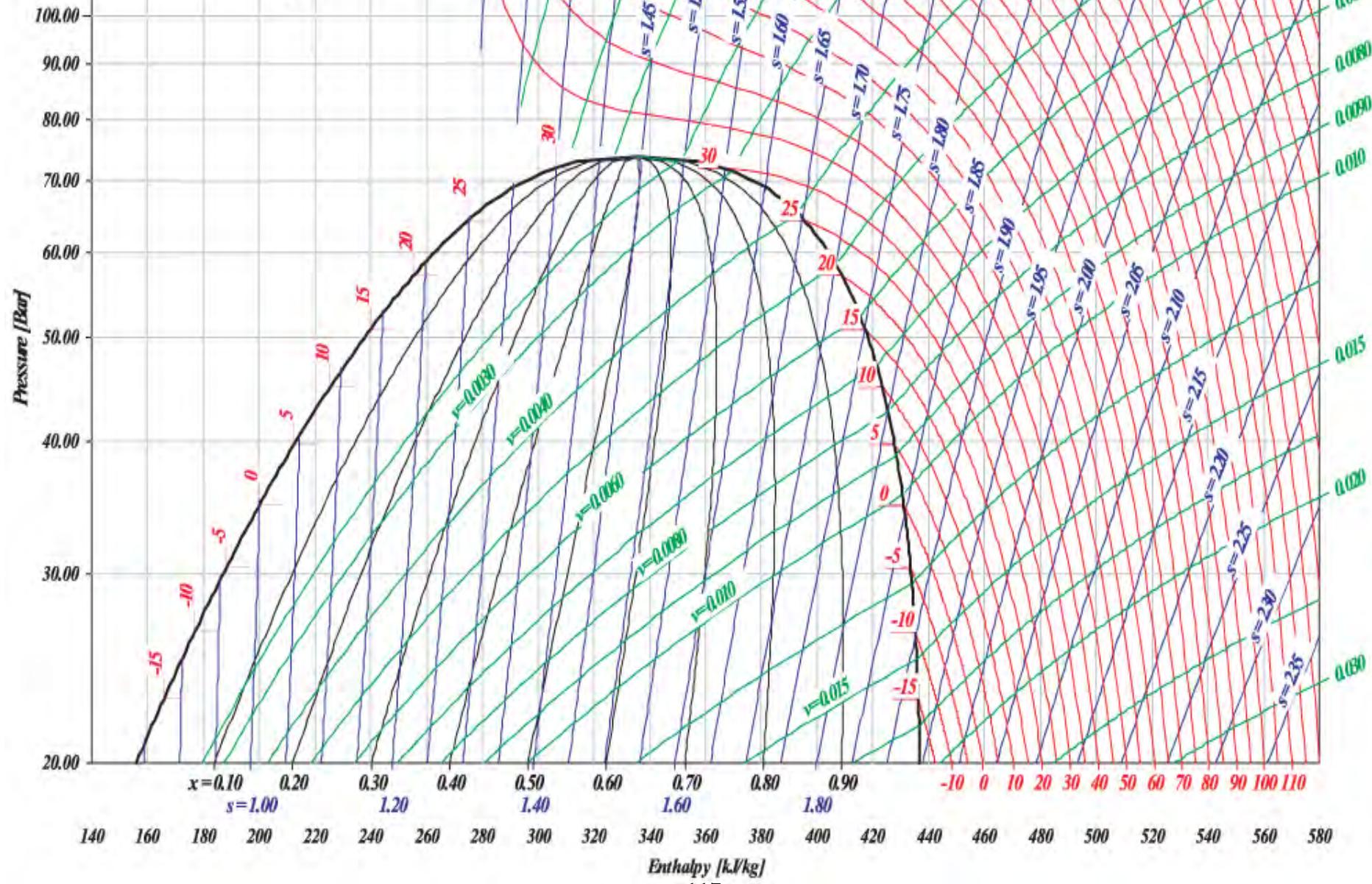
АНЕКС А - МОЛИЕРОВИ ДИЈАГРАМИ ЗА НАЈЧЕСТО КОРИСТЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ



АНЕКС А - МОЛИЕРОВИ ДИЈАГРАМИ ЗА НАЈЧЕСТО КОРИСТЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ЛАДЕЊЕ

R744 Ref: W.C. Reynolds: Thermodynamic Properties in SI

DTU, Department of Energy Engineering
 s in $J/K(lg K)$, v in m^3/kg , T in $^{\circ}C$
 M.J. Skovrup & H.I.H Knudsen 02-10-07



Анекс Б - Класификација на системите според типот на системот и просторната зафатеност
prEN 378-1:2007 (E)

Table C.1 — Refrigerant safety groups ^a

Refrigerant safety group — A1		
Location of the refrigerating system	Occupancy	
	General occupancy — Class A	
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	1 Max. charge = practical limit x room volume ^{b c d}	2 Considered as direct system; see box nr 1
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	3 Max. charge = practical limit x room volume	4 No restriction
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	5 No restriction	6 No restriction
Supervised occupancy — Class B		
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	7 Below ground floor level or on upper floors without adequate emergency exits: treated as general occupancy — Class B; otherwise no restrictions of charge	8 Considered as direct system; see box nr. 7
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	9 No restriction	10 No restriction
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	11 No restriction	12 No restriction
Occupancy with authorised access only — Class C		
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	13 Below ground floor level or on upper floors without adequate emergency exits: treated as general occupancy — Class B; otherwise no restrictions of charge	14 Considered as direct system; see box nr. 13
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	15 No restriction	16 No restriction
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	17 No restriction	18 No restriction

Анекс Б - Класификация на системите според типот на системот и просторната зафатеност
prEN 378-1:2007 (E)

Table C.1 (continued)

Refrigerant safety group — A2		
Location of the refrigerating system	Occupancy General occupancy — Class A	
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	1 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: max. charge = practical limit x room vol. and not exceeding 38 x LFL	2 Considered as direct system; see box nr. 1
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	3 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: max. charge = practical limit x room vol. and not exceeding 38 x LFL	4 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 Max charge = practical limit x room vol.
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	5 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: max. charge = practical limit x room vol. and not exceeding 132 x LFL .	6 No restriction if exit to the open air and no direct communication with rooms for categories A and B
Supervised occupancy — Class B		
	Direct systems	Indirect systems
	7 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: Max. charge = 10 kg	8 Considered as direct system; see box nr. 7
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	9 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: max. charge = 25 kg	10 No Restriction, if machinery room has no direct communication to occupied space
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	11 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: no Restriction, if machinery room has no direct communication to occupied space	12 No Restriction, if machinery room has no direct communication to occupied space
Occupancy with authorised access only — Class C		
	Direct systems	Indirect systems
	13 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: max. charge = 10 kg or 50 kg if density of personel is < 1 per 10m ² and sufficient mergency exits are available	14 Considered as direct system; see box nr. 13
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	15 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: max. charge = 25 kg or no Restriction if density of personel is < 1/10 m ²	16 No restriction
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	17 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: no restriction	18 No restriction

Анекс Б - Класификација на системите според типот на системот и просторната зафатеност

prEN 378-1:2007 (E)

Table C.1 (continued)

Refrigerant safety group—B1		
Location of the refrigerating system	Occupancy	
	General occupancy — Class A	
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	1 Max. charge = practical limit x room vol.	2 Considered as direct system; see box nr. 1
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	3 Max. charge = practical limit x room vol.	4 Max charge = 2,5 kg for sealed absorption systems; all other systems: max charge = practical limit x room vol.
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	5 Max. charge = 2,5 kg	6 No restriction if exit to the open air and no direct communication with rooms of categories A and B
Supervised occupancy — Class B		
	Direct systems	Indirect systems
Not in a special machinery room	7 Max. charge = 10 kg	8 Considered as direct system; see box nr. 7
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	9 Max. charge = 25 kg	10 No restriction, if machinery room has no direct communication to occupied space
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	11 No restriction, if machinery room has no direct communication to occupied space	12 No restriction, if machinery room has no direct communication to occupied space
Occupancy with authorised access only — Class C		
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	13 Max. charge = 10 kg or 50 kg if density of personnel is < 1/10m ² and sufficient emergency exits are available	14 Considered as direct system; see box nr. 13
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	15 Max. charge = 25 kg or no restriction if density of personnel is < 1/10 m ²	16 No restriction
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	17 No restriction	18 No restriction

Анекс Б - Класификација на системите според типот на системот и просторната зафатеност

prEN 378-1:2007 (E)

Table C.1 (continued)

Refrigerant safety group—B2		
Location of the refrigerating system	Occupancy	
	General occupancy — Class A	
	Direct Systems	Indirect Systems
Human occupied space which is not a machinery room	1 Max. charge = 2,5 kg for sealed absorption systems; all other systems: max .charge = practical limit x room vol.	2 Considered as direct system; see box nr. 1
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	3 Max. charge = 2,5 kg for sealed absorption systems; all other systems: max. charge = practical limit x room vol.	4 Max. charge = 2,5 kg for sealed absorption systems; all other systems: max charge = practical limit x room vol.
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	5 Max. charge = 2,5 kg	6 No restriction if exit to the open air and no direct communication with rooms to categories A and B
Supervised occupancy — Class B		
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	7 Max. charge = 10 kg	8 Considered as direct system; see box nr. 7
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	9 Max. charge = 25 kg	10 No restriction, if machinery room has no direct communication to occupied space
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	11 No restriction, if machinery room has no direct communication to occupied space	12 No restriction, if machinery room has no direct communication to occupied space
Occupancy with authorised access only — Class C		
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	13 Max. charge = 10 kg or 50 kg if density of personnel is < 1/10m ² and sufficient emergency exits are available	14 Considered as direct system; see box nr. 13
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	15 max charge = 25 kg or No Restriction if density of person nel is < 1/10m ²	16 No restriction
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	17 No restriction	18 No restriction

Анекс Б - Класификација на системите според типот на системот и просторната зафатеност
prEN 378-1:2007 (E)

Table C.1 (continued)

Refrigerant safety group — A3		
Location of the refrigerating system	Occupancy	
	General occupancy — Class A	
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	<p>1 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: Only sealed systems with Max. charge = practical limit x room volume and not exceeding 1,5 kg</p>	<p>2 Considered as direct system; see box nr. 1</p>
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	<p>3 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: Only sealed systems with Max. charge = practical limit x room volume and not exceeding 1,5 kg;</p>	<p>4 A/C Systems and heat pumps for human comfort: see C.3 Max. charge = practical limit x room volume and not exceeding 1,5 kg;</p>
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	<p>5 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: Only sealed systems with max. charge = practical limit x room volume and not exceeding 1 kg below or 5 kg above ground floor level</p>	<p>6 A/C Systems and heat pumps for human comfort: see C.3 Max. charge = practical limit x room volume and not exceeding 1 kg Below ground floor level or 5 kg above ground floor level</p>
Supervised occupancy — Class B		
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	<p>7 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: Max charge = practical limit x room volume and not exceeding 1 kg Below ground floor level and 2,5 kg above ground floor level</p>	<p>8 Considered as direct system; see box nr. 7</p>
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	<p>9 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: Max charge = practical limit x room volume and not exceeding 1 kg Below ground floor level and 2,5 kg above ground floor level</p>	<p>10 A/C Systems and heat pumps for human comfort: see C.3 max charge = practical limit x room volume and not exceeding 1 kg Belowground floor level and 2,5 kg above ground floor level</p>
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	<p>11 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: Max charge = practical limit x room volume and not exceeding 1 kg below or 10 kg above ground floor level</p>	<p>12 A/C Systems and heat pumps for human comfort: see C.3 max Charge = 1 kg Below ground floor or 10 kg above ground floor level</p>
Occupancy with authorised access only — Class C		
	Direct systems	Indirect systems
Human occupied space which is not a machinery room	<p>13 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: Max charge = 1 kg below ground floor and 10 kg above ground floor level</p>	<p>14 Considered as direct system; see box nr. 13</p>

Анекс Б - Класификација на системите според типот на системот и просторната зафатеност
 prEN 378-1:2007 (E)

Table C.1 (continued)

Refrigerant safety group — A3		
Location of the refrigerating system	Occupancy	
	Occupancy with authorised access only — Class C	
	Direct systems	Indirect systems
Compressor and liquid receiver in an unoccupied machinery room or in the open air	15 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: Max charge = 1 kg below ground floor and 25 kg above ground floor level	16 A/C Systems and heat pumps for human comfort: see C.3 max charge = 1 kg Below ground floor and 25 kg above ground floor level
All refrigerant containing parts in an unoccupied machinery room or in the open air	17 A/C systems and heat pumps for human comfort: see C.3 All other refrigerating systems: Max charge = 1 kg below ground floor level. No restriction above ground floor level	18 A/C Systems and heat pumps for human comfort: see C.3 Max. charge = 1 kg Below ground floor and no restriction above ground floor level

a The numbering system in Table C.1 is for convenience and easier reference only. The numbers do not represent references to other parts of this standard.

b The total volume of all the rooms cooled or heated by air from one system is used as the volume for calculation, if the air supply to each room cannot be restricted below 25 % of its full supply.

c If the space has a mechanical ventilation system which will be operating during the occupation of the space, the effect of the air change may be considered in calculating the volume.

d Other methods of ensuring safety in the event of a sudden major release of refrigerant are permitted. Such methods should ensure that the concentrations will not rise above the practical limits given in the informative annex E or to give adequate warning to occupant(s) in the space of such a rise so that they may avoid excess exposure time. The alternative method should demonstrate a level of safety at least equivalent to the method described in box 1.

NOTE Units throughout Table C.1 are:

charge [kg];

practical limit [kg/m³];

volume [m³];

unless otherwise stated.

АНЕКС В - ОЗНАЧУВАЊЕ НА СРЕДСВАТА ЗА ЛАДЕЊЕ СПОРЕД ЕН378-1:2007

prEN 378-1:2007 (E)

Annex E
(normative)

Safety classification and information about refrigerants

Table E.1 — Refrigerant designations

	Refrigerant number	Chemical formula	Safety group ^d	PED fluid group	Practical limit ^e (kg/m ³)	ATEL/ODL ^j (kg/m ³)	Flammability LFL ^k (kg/m ³)	Vapour density 25 °C, 101,3 kPa ^a (kg/m ³)	Molecular mass ^a	Normal boiling point ^a (°C)	ODP ^{a,f}	GWP ^{a,g} (100 yr ITH)	Auto-ignition temperature (°C)	
Methane series														
11	Trichlorofluoromethane	CCl ₃ F	A1	2	0,3	0,3	—	5,824	137,4	23,8	1	3 800	—	
12	Dichlorodifluoromethane	CCl ₂ F ₂	A1	2	0,5	0,5	—	5,039	120,9	-29,0	1	8 100	—	
12B1	Bromochlorodifluoromethane	CBrClF ₂		2	0,2	0,2	—		165,4	-4,0	3	13 00 ^h	—	
13	Chlorotrifluoromethane	CClF ₃	A1	2	0,5	0,5	—	4,309	104,5	-81,4	1	14 000 ^h	—	
13B1	Bromotrifluoromethane	CBrF ₃	A1	2	0,6	0,6	—	6,169	148,9	-58,0	10	5 400	—	
14	Carbon tetrafluoride	CF ₄	A1	2	n/a	n/a	—	3,611	88,0	-128,0	0	6 500	—	
22	Chlorodifluoromethane	CHClF ₂	A1	2	0,3	0,3	—	3,587	86,5	-40,8	0,055	1 500	635	
23	Trifluoromethane	CHF ₃	A1	2	0,68	0,68	—	2,884	70,0	-82,1	0	11 700	765	
30	Dichloromethane (methylene chloride)	CH ₂ Cl ₂	B2	2	0,017		0,417		84,9	40,0		9	662	
32	Difluoromethane (methylene fluoride)	CH ₂ F ₂	A2	1	0,061	0,085	0,306	2,153	52,0	-51,7	0	650	648	
50	Methane	CH ₄	A3	1	0,006		0,032	0,657	16,0	-161,0	0	21	645	
Ethane series														
113	1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane	CCl ₂ FCClF ₂	A1	2	0,4	0,4	—	3,467	187,4	47,6	0,8	4 800	—	
114	1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoroethane	CClF ₂ CClF ₂	A1	2	0,7	0,7	—	7,207	170,9	3,8	1	9 800 ^h	—	
115	Chloropentafluoroethane	CClF ₂ CF ₃	A1	2	0,6	0,6	—	6,438	154,5	-39,0	0,6	7 200 ^h	—	
116	Hexafluoroethane	CF ₃ CF ₃	A1	2	0,55	0,55	—	5,696	138,0	-79,0	0	9 200	—	
123	2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroethane	CHCl ₂ CF ₃	B1	2	0,1	0,1	—	5,872	153,0	27,9	0,02	90	730	
124	2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoroethane	CHClFCF ₃	A1	2	0,11	0,11	—	5,728	136,5	-12,1	0,022	470	—	
125	Pentafluoroethane	CHF ₂ CF ₃	A1	2	0,39	0,39	—	4,982	120,0	-48,1	0	2 800	733	
134a	1,1,1,2-tetrafluoroethane	CH ₂ FCF ₃	A1	2	0,25	0,25	—	4,258	102,0	-26,2	0	1 300	743	
141b	1,1-dichloro-1-fluoroethane	CH ₃ CCl ₂ F	A2	2	0,013	0,013	0,43	3,826	117,0	32,0	0,11	600	532	
142b	1-chloro-1,1-difluoroethane	CH ₃ CClF ₂	A2	1	0,066	0,10	0,329	4,223	100,5	-10,0	0,065	1 800	750	
143a	1,1,1-trifluoroethane	CH ₃ CF ₃	A2	1	0,056	0,53	0,282	3,495	84,0	-47,0	0	3 800	750	
152a	1,1-difluoroethane	CH ₃ CHF ₂	A2	1	0,026	0,14	0,13	2,759	66,0	-25,0	0	140	455	
170	Ethane	CH ₃ CH ₃	A3	1	0,008	0,01	0,038	1,239	30,0	-89,0	0	3 ⁱ	515	
1150	Ethene (ethylene)	CH ₂ =CH ₂	A3	1	0,007		0,036	1,153	28,1	-104,0	0	3 ⁱ	—	

Table E.1 (continued)

	Refrigerant number	Chemical formula	Safety group ^d	PED fluid group	Practical limit ^e (kg/m ³)	ATEL/ODL ^j (kg/m ³)	Flammability LFL ^k (kg/m ³)	Vapour density 25 °C, 101,3 kPa ^a (kg/m ³)	Molecular mass ^a	Normal boiling point ^a (°C)	ODP ^{a,f}	GWP ^{a,g} (100 yr ITI) (kg)	Auto-ignition temperature (°C)
Propane series													
	218	Octafluoropropane	CF ₃ CF ₂ CF ₃	A1	2	0,44	0,44	—	7,853	188,0	-37	0	7000
	227ea	1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropane	CF ₃ CHFCF ₃	A1	2	0,49	0,49	—	7,137	170,0	-15,6	0	2 900
	236fa	1,1,1,3,3,3-hexafluoropropane	CF ₃ CH ₂ CF ₃	A1	2	0,59	0,59	—	6,418	152,0	-1,4	0	6 300
	245fa	1,1,1,3,3-pentafluoropropane	CF ₃ CH ₂ CHF ₂	B1	2	0,19	0,19	—	5,689	134,0	14,9	0	950 ^h
	290	Propane	CH ₃ CH ₂ CH ₃	A3	1	0,008	0,09	0,038	1,832	44,0	-42	0	3 ⁱ 470
	1270	Propene (propylene)	CH ₃ CH=CH ₂	A3	1	0,008	0,010	0,040	1,745	42,1	-48	0	3 ⁱ 455
Butane (and higher) series													
	365mfc	1,1,1,3,3-pentafluorobutane	CF ₃ CH ₂ CF ₂ CH ₃					n.a.	148,0	40,1	0	890 ^h	—
	43-10mee	1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-decafluoropentane	CF ₃ CF ₂ CHFCF ₃	A1	2			—	n.a.	252,0	54,6	0	1 500 ^h
Cyclic organic compounds													
	C318	Octafluorocyclobutane	C ₄ F ₈		2	0,81	0,81	—	8,429	200,0	-6	0	8 700
Hydrocarbons													
	600	Butane	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	A3	1	0,008 6	0,19	0,043	2,450	58,1	0	0	3 ⁱ 365
	600a	2-methyl propane (isobutane)	CH(CH ₃) ₃	A3	1	0,008 6	0,06	0,043	2,440	58,1	-12	0	3 ⁱ 460
	601	Pentane	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	A3	1	0,008	N/A	0,041	2,058	72,1	36,1	0	3 ⁱ —
	601a	2methyl butane (isopentane)	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃	A3	1	0,008	N/A	0,041	2,786	72,1	27,8	0	3 ⁱ —
Other organic compounds													
	E170	Dimethyl Ether	(CH ₃) ₂ O	A3	1	0,013	N/A	0,064	1,914	46	-24, 8	0	235

АНЕКС В - ОЗНАЧУВАЊЕ НА СРЕДСВАТА ЗА ЛАДЕЊЕ СПОРЕД ЕН378-1:2007

prEN 378-1:2007 (E)

Table E.1 (continued)

	Refrigerant number	Chemical formula	Safety group ^d	PED fluid group	Practical limit ^e (kg/m ³)	ATEL/ODL ^j (kg/m ³)	Flammability LFL ^k (kg/m ³)	Vapour density 25 °C, 101,3 kPa ^a (kg/m ³)	Molecular mass ^a	Normal boiling point ^a (°C)	ODP ^{a f}	GWP ^{a g} (100 yr ITH)	Auto-ignition temperature (°C)	
Inorganic compounds														
	717	Ammonia	NH ₃	B2	1	0,000 35	0,000 35	0,104	0,704	17,0	- 33	0	0	630
	744	Carbon dioxide	CO ₂	A1	2	0,1	0,036	—	1,808	44,0	- 78 ^c	0	1	—

See Tables E.2 and E.3 for R-400 and R-500 blends.

^a The vapour density, molecular mass, normal boiling point, ODP and GWP are not part of this standard and are provided for information purposes only.

^b The preferred chemical name is followed by the popular name in parentheses.

^c Sublimes. Triple point is -56,6 °C at 5,2 bar.

^d See Annex F. Unclassified refrigerants indicate either insufficient data to classify or no formal request for classification.

^e See Annex F.

^f Adopted under the Montreal Protocol.

^g IPCC , Second Assessment Report (adopted in Kyoto Protocol).

^h IPCC, Third Assessment Report 2001.

ⁱ 1998 Ozone Assessment Report.

^j Acute-Toxicity Exposure Limit or Oxygen Deprivation Limit, whichever is lower.

^k Lower Flammability Limit.

АНЕКС В - ОЗНАЧУВАЊЕ НА СРЕДСВАТА ЗА ЛАДЕЊЕ СПОРЕД ЕН378-1:2007

prEN 378-1:2007 (E)

Table E.2 — Refrigerant designations of R400 blends

Refrigerant Number	Composition c (weight %)	Composition tolerances (%)	Safety group ^d	PED fluid group	Practical limit ^e (kg/m ³)	ATEL/ODL ^h (kg/m ³)	Flammability LFL ⁱ (kg/m ³)	Vapour density 25 °C, 101,3 kPa ^a (kg/m ³)	Molecular mass ^a	Bubble Point/dew point at 1,0 at. (°C) ^a	ODP ^f	GWP ^g (100 yr ITH)	Auto- ignition tempera- ture (°C)
401A	R-22/152a/124 (53/13/34)	± 2/+ 0,5 – 1,5/± 1	A1	2	0,3	0,3	n/a	3,929	94,4	-33,4 to -27,8	0,037	970	681
401B	R-22/152a/124 (61/11/28)	± 2/+ 0,5 – 1,5/± 1	A1	2	0,34	0,34	n/a	3,860	92,8	-34,9 to -29,6	0,04	1 060	685
401C	R-22/152a/124 (33/15/52)	± 2/+ 0,5 – 1,5/± 1	A1	2	0,24	0,24	n/a	4,211	101	-28,9 to -23,3	0,03	760	—
402A	R-125/290/22 (60/2/38)	± 2/+ 0,1, – 1,0/± 2	A1	2	0,33	0,33	n/a	4,214	101,5	-49,2 to -47,0	0,021	2 250	723
402B	R-125/290/22 (38/2/60)	± 2/+ 0,1, – 1,0/± 2	A1	2	0,32	0,32	n/a	3,929	94,7	-47,2 to -44,8	0,033	1 960	641
403A	R-290/22/218 (5/75/20)	+ 0,2 – 2,0/± 2/± 2	A1	2	0,33	0,33	n/a	3,817	92	-44,0 to -42,4	0,041	2 520	—
403B	R-290/22/218 (5/56/39)	+ 0,2 – 2,0/± 2/± 2	A1	2	0,41	0,41	n/a	4,289	103,2	-43,9 to -42,4	0,031	3 570	—
404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	± 2/± 1/± 2	A1	2	0,48	0,48	n/a	4,057	97,6	-46,5 to -45,7	0	3 260	728
405A	R-225/152a/142b/C318 (45/7/5,5/42,5)	± 2/± 1/± 1/± 2 ^b	A1	2	0,26	0,26	n/a	4,665	111,9	-32,8 to -24,4	0,028	4 480	—
406A	R-22/600a/142b (55/4/41)	± 2/± 1/± 1	A2	1	0,13	0,13	0,302	3,744	89,9	-32,7 to -23,5	0,057	1 560	—
407A	R-32/125/134a (20/40/40)	± 2/± 2/± 2	A1	2	0,33	0,33	n/a	3,743	90,1	-45,2 to -38,7	0	1 770	685
407B	R-32/125/134a (10/70/20)	± 2/± 2/± 2	A1	2	0,35	0,35	n/a	4,274	102,9	-46,8 to -42,4	0	2 280	703
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	± 2/± 2/± 2	A1	2	0,31	0,31	n/a	3,582	86,2	-43,8 to -36,7	0	1 520	704
407D	R-32/125/134a (15/15/70)	± 2/± 2/± 2	A1	2	0,41	0,41	n/a	3,784	90,9	-39,4 to -32,7	0	1 420	—
407E	R-32/125/134a (25/15/60)	± 2/± 2/± 2	A1	2	0,40	0,40	n/a	3,482	83,8	-42,8 to -35,6	0	1 360	—
408A	R-125/143a/22 (7/46/47)	± 2/± 1/± 2	A1	2	0,41	0,41	n/a	3,614	87,0	-44,6 to -44,1	0,026	2 650	—
409A	R-22/124/142b (60/25/15)	± 2/± 2/± 1	A1	2	0,16	0,16	n/a	4,055	97,5	-34,7 to -26,3	0,048	1 290	—
409B	R-22/124/142b (65/25/10)	± 2/± 2/± 1	A1	2	0,17	0,17	n/a	4,021	96,7	-35,8 to -28,2	0,048	1 270	—
410A	R-32/125 (50/50)	+ 0,5 – 1,5/+ 1,5 – 0,5	A1	2	0,44	0,44	n/a	3,007	72,6	-51,6 to -51,5	0	1 720	—
410B	R-32/125 (45/55)	± 1/± 1	A1	2	0,43	0,43	n/a	3,131	75,5	-51,5 to -51,4	0	1 830	—
411A	R-1270/22/152a (1,5/87,5/11,0)	+ 0 – 1/+ 2 – 0/+ 0 – 1	A2	1	0,04	0,09	0,186	3,420	82,5	-39,6 to -37,1	0,048	1 330	—
411B	R-1270/22/152a (3,94/3)	+ 0 – 1/+ 2 – 0/+ 0 – 1	A2	1	0,05	0,09	0,239	3,446	83,3	-41,6 to -40,2	0,052	1 410	—
412A	R-22/218/142b (70/5/25)	± 2/± 2/± 1	A2	1	0,07	0,18	0,329	3,883	92,2	-36,5 to -28,9	0,055	1 850	—
413A	R-218/134a/600a (9/88/3)	± 1/± 2/+ 0, – 1	A2	1	0,08	0,21	0,375	4,334	103,9	-29,4 to -27,4	0	1 770	—
414A	R-22/124/600a/142b (51,0/28,5/4,0/16,5)	± 2/± 2/± 0,5/+ 0,5, – 1,0	A1	2	0,08	0,08	n/a	4,040	97,0	-33,2 to -24,7	0,045	1 200	—
414B	R-22/124/600a/142b (50,0/39,0/1,5/9,5)	± 2/± 2/± 0,5/+ 0,5, – 1,0	A1	2	0,07	0,07	n/a	4,232	101,6	-33,1 to -24,7	0,042	1 100	—

АНЕКС В - ОЗНАЧУВАЊЕ НА СРЕДСВАТА ЗА ЛАДЕЊЕ СПОРЕД ЕН378-1:2007

prEN 378-1:2007 (E)

Table E.2 (continued)

Refrigerant Number	Composition c (weight %)	Composition	Safety	PED fluid	Practical	ATEL/ODL ^b	Flammability	Vapour density	Molecular	Bubble	ODP ^f	GWP ^g	Auto-ignition temperature
	Tolerances (%)	Group ^d	Group	Limit ^e	(kg/m ³)	(kg/m ³)	LFL ⁱ	25 °C, 101,3 kPa ^a	Mass ^a	Point/dew point at 1,0 at.	(100 yr ITH)	(°C)	
416A	R-134a/124/600 (59,0/39,5/1,5)	+ 0,5 – 1,0/+ 1,0, – 0,5/+ 0,1, – 0,2	A1	2			n/a	4,678	111,9	– 23,4 to – 21,8	0,009	950	—
417A	R-125/134a/600 (46,6/50,0/3,4)	± 1,1± 1,0/+ 0,1, – 0,4	A1	2	0,15	0,15	n/a	4,443	106,7	– 38,0 to – 32,9	0	1 950	—

^a The vapour density, molecular mass, "bubble point" and "dew point" temperatures are not part of this standard; they are provided for information only.

The "bubble point temperature" is defined as the liquid saturation temperature of a refrigerant at the specified pressure; the temperature at which a liquid refrigerant first begins to boil.

The bubble point of a zeotropic refrigerant blend, at constant pressure, is lower than the dew point.

The "dew point temperature" is defined as the vapour saturation temperature of a refrigerant at the specified pressure; the temperature at which the last drop of liquid refrigerant boils.

The dew point of a zeotropic refrigerant blend, at constant pressure, is higher than the bubble point.

^b The sum of the composition tolerances for R152a and R142b shall be between + 0 and – 2 %.

^c Blend components are conventionally listed in order of increasing normal boiling point.

^d See Annex G. Unclassified refrigerants indicate either insufficient data to classify or no formal request for classification.

^e Practical Limit. Calculated from the values for the individual components as listed in Table E.1.

^f Calculated from the values for the individual components as listed in Table E.1.

^g Calculated from the values for the individual components as listed in Table E.1.

^h Acute-Toxicity Exposure Limit or Oxygen Deprivation Limit, whichever is lower.

ⁱ Lower Flammability Limit.

АНЕКС В - ОЗНАЧУВАЊЕ НА СРЕДСВАТА ЗА ЛАДЕЊЕ СПОРЕД EN378-1:2007

prEN 378-1:2007 (E)

Table E.3 — Refrigerant designations of R500 blends ^a

Refrigerant number	Azeotropic composition ^e (weight %)	Safety Group ^f	PED fluid group	Practical limit ^g (kg/m ³)	Vapour density 25 °C, 101,3 kPa ^b (kg/m ³)	Molecular mass ^b	Normal boiling point (°C) ^b	Azeotropic temperature (°C) ^d	ODP ^h	GWP ⁱ (100 yr ITH)	Auto-ignition temperature (°C)
500	R-12/152a (73,8/26,2)	A1	2	0,4	4,137	99,3	-33,5	0	0,74	6 000	—
501	R-22/12 (75,0/25,0) ^c	A1	2	0,38	3,863	93,1	-41,0	-41	0,29	3 150	—
502	R-22/115 (48,8/51,2)	A1	2	0,45	4,635	112,0	-45,4	19	0,33	4 400	—
503	R-23/13 (40,1/59,9)		2	0,35	3,594	87,5	-88,7	88	0,6	13 100	—
504	R-32/115 (48,2/51,8)				3,282	79,2	-57,0	17	0,31	4 040	—
505	R-12/31 (78,0/22,0) ^c					103,5	-30,0	115	0,78	n/a	—
506	R-31/114 (55,1/44,9)					93,7	-12,0	18	0,45	n/a	—
507A	R-125/143a (50/50)	A1	2	0,49	4,108	98,9	-46,7	-40	0	3 300	—
508A	R-23/116 (39,61)	A1	2	0,22	4,124	100,1	-86,0	-86	0	11 860	—
508B	R-23/116 (46/54)	A1	2	0,2	3,930	95,4	-88,3	-45,6	0	11 850	—
509A	R-22/218 (44/56)	A1	2	0,56	5,155	124,0	-47,0	0	0,024	4 580	—

^a Azeotropic refrigerants exhibit some segregation of components at conditions of temperature and pressure other than those at which they are formulated. The extent of segregation depends on the particular azeotrope and hardware system configuration.

^b The vapour density, molecular mass and normal boiling point are not part of this standard, but are provided for informative purposes only.

^c The exact composition of this azeotrope is in question, and additional experimental studies are needed.

^d Under vapour-liquid equilibrium (VLE) conditions.

^e Blend components are conventionally listed in order of increasing normal boiling point.

^f See Annex F. Unclassified refrigerants indicate either insufficient data to classify or no formal request for classification.

^g See Annex F.

^h Calculated from the values for the individual components as listed in Table E.1.

ⁱ Calculated from the values for the individual components as listed in Table E.1.