



Препоръки към насоките и стандартите за безопасност за използването на естествените хладилни агенти

**Umwelt
Bundesamt**

AAP
Advisory Assistance
Programme

German Environment Agency

Препоръки към насоките и стандартите за безопасност за използването на естествените хладилни агенти

Печатно издание

Издател:

Германска агенция по околна среда

Woerlitzer Platz 1

06844 Dessau-Rosslau

Германия

Телефон: +49 340-2103-0

Факс: +49 340-2103-2285

info@umweltbundesamt.de

Интернет: www.umweltbundesamt.de/en

www.uba.de/en/advisory-assistance-programme

www.uba.de/en/project-database-advisory-assistance-programme

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Автори:

Паскал Радермахер [Pascal Radermacher], Джулия Бот [Julia Both], Ирене Папст [Irene Papst]
(HEAT GmbH)

Барбара Гъшри [Barbara Gschrey], Бастиан Зайгер [Bastian Zeiger]
(Öko-Recherche GmbH)

Преводач:

Веселина Хоторн [Veselina Hawthorne]

Редакционен колектив:

Д-р Корнелия Елснер [Dr. Cornelia Elsner]

Отдел III 1.4 Отнасящи се до продуктите въпроси във връзка с веществата

Катарина Ленц [Katharina Lenz]

Отдел I 1.2 Международна защита на околната среда и стратегии за устойчиво развитие, трансфер на знания и политика

Публикация във формат pdf:

<https://www.umweltbundesamt.de/en/publications>

Снимков материал:

Адиса [Adisa], fotolia.com

Ноември 2016 г.

ISSN 2363-832X

Този документ е изготвен в резултат от проект „Прилагане и изпълнение на директивите на ЕС относно флуорсъдържащите парникови газове (F-газове) и озоноразрушаващите вещества (ОРВ) в България“. Проектът е финансиран по Програмата за консултативна помощ (ПКП) за защита на околната среда в страните от Централна и Източна Европа, Кавказ и Централна Азия и други държави, граничещи с Европейския съюз – програма на Федералното министерство за околна среда на Германия. Проектът е изпълнен под надзора на Германската агенция по околна среда. Отговорност за съдържанието на този документ носят авторите.

Резюме

Озоноразрушаващите вещества (ОРВ) намират широко приложение в цял свят за различни промишлени и потребителски цели. Контролът върху тях по силата на Монреалския протокол доведе до въвеждането на все повече алтернативи, особено при хладилната и климатичната техника и в средствата за пожарогасене. Флуоровъглеродородите (HFC) и други флуорсъдържащи парникови газове, често наричани F-газове, са сред най-открояващите се алтернативи на ОРВ. Тези газове нямат измерим ефект върху озоновия слой и към момента се използват широко. Високият им потенциал за глобално затопляне (ПГЗ) обаче означава, че те допринасят за климатичните промени и са обект на Протокола от Киото съгласно Рамковата конвенция на Обединените нации по изменението на климата (РКОНИК). Предвид изискванията, определени в Регламент (ЕС) № 2015/2017, се налага увеличаване на алтернативните хладилни агенти с почти никакъв ПГЗ. Тези така наречени естествени хладилни агенти, включително въглеродородите, въглеродния диоксид и амоняка, са запалими (въглеродороди, амоняк), токсични (амоняк) или изискват по-високо работно налягане (въглероден диоксид).

В този документ с насоки се представят въпросите, свързани с безопасната работа с естествени хладилни агенти. Той включва общ преглед на съществуващите стандарти и регламенти, както и на съответните свойства на алтернативните хладилни агенти и необходимите мерки за безопасност.

В края на документа са дадени три примера за алтернативни хладилни агенти, прилагани в практиката.

Съдържание

Списък на фигурите.....	3
Списък на таблиците.....	3
Списък на съкращенията	4
1 Въведение.....	6
2 Актуални стандарти за безопасност и законодателство в ЕС	8
3 Технически насоки относно безопасната употреба на и работа с естествени хладилни агенти	12
3.1 Избор и приложение на хладилни агенти	12
3.2 Свойства на хладилните агенти и връзката им с безопасната употреба	16
3.2.1 Пределно допустима практическа концентрация	18
3.2.2 Запалимост	18
3.2.3 Токсичност/задушаване	20
3.2.4 Работни налягания	21
3.2.5 Режим на ползване и достъп и ограничение на количеството за зареждане с хладилен агент.....	22
3.2.6 Изисквания към компонентите	23
4 Избрани практически препоръки за безопасна употреба на естествени хладилни агенти и оборудване.....	25
4.1 Общи препоръки	25
4.2 Предупреждения, обозначения и указания	25
4.3 Работа със запалими хладилни агенти	27
4.3.1 Установен ред на работа	27
4.3.2 Оценка на риска	29
4.3.3 Временно пожароопасна зона и безопасно работно пространство.....	29
4.3.4 Сервизно обслужване и ремонт.....	29
4.3.5 Възстановяване на хладилния агент.....	30
4.3.6 Контролирано изпускане на хладилен агент	30
4.3.7 Зареждане на хладилен агент.....	30
4.3.8 Откриване на течове при въглеводороди.....	30
4.3.9 Съхранение на резервоари с хладилен агент	31
5 Примери за използване на естествени хладилни агенти от практиката.....	32
6 Откъде да започнем?.....	34
7 Библиография.....	35
8 Приложение	39

Списък на фигурите

Фигура 1:	Хладилен кръг с и без ежекторна технология: (А) Основен принцип на работа през горещ летен ден в транскритично състояние – без ежектор; (В) Основен принцип на работа през зимата в субкритично състояние – без ежектор; (С) Основен принцип на работа през горещ летен ден в транскритично състояние – с ежектор.....	15
Фигура 2:	Знаци, свързани с безопасността на хладилните агенти.....	26
Фигура 3:	Дейности, при които е възможно изпускане на хладилен агент.....	28

Списък на таблиците

Таблица 1:	План за поетапно намаляване на употребата съгласно новия Регламент (ЕС) № 517/2014 относно F-газовете	7
Таблица 2:	Законодателство на ЕС, приложимо във връзка с безопасността на естествените хладилни агенти и приложението им	9
Таблица 3:	Естествени хладилни агенти и области на приложение.....	12
Таблица 4:	Алтернативи на F-газовете и техните свойства	13
Таблица 5:	Общи свойства, свързани с характеристиките на безопасност по отношение на разпространените синтетични и естествени хладилни агенти	17
Таблица 6:	Класификация на запалимостта съгласно EN 378	18
Таблица 7:	Примери за електрически устройства и инструменти/оборудване, които са потенциални източници на възпламеняване.....	19
Таблица 8:	Класификация на режимите на ползване и достъп	22
Таблица 9:	Свързани с безопасността съображения и приспособяване на оборудването за CO ₂ , HC и NH ₃ като хладилни агенти.	24
Таблица 10:	Подходящи методи за откриване на течове при въглеводороди.....	31

Списък на съкращенията

ATEX	Експлозивна атмосфера
CEN	Европейски комитет по стандартизация
CENLEC	Европейски комитет за електротехническа стандартизация
CFC	Хлорофлуоровъглерод
CO₂	Въглероден диоксид: като хладилен агент също R744
COP	Коефициент на преобразуване
EPDM	Етилен-пропилен-диен-каучук
ЕС	Европейски съюз
ETSI	Европейски институт за стандарти в далекосъобщенията
F-газ	Флуорсъдържащ парников газ
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (Германска асоциация за международно сътрудничество)
ГСЕОТ	Гранична стойност на експозиция за остра токсичност
HC	Въглеводород
HCFC	Ненапълно халогениран хлорофлуоровъглеводород
HFC	Флуоровъглеводород
HFO	Хидрофлуороолефин
IEC	Международна електротехническа комисия
LFL	Долна граница на запалимост
ЛПС	Лични предпазни средства
LVD	Директива за ниското напрежение
MSD	Директива за безопасност на машините
NH₃	Амоняк (анхидриден): като хладилен агент също наричан R717
ODL	Граница на кислородна недостатъчност
OFDN	Безкислороден сух азот
ОРВ	Озоноразрушаващо вещество
ОРП	Озоноразрушаващ потенциал
PFC	Перфлуоровъглерод
ПГЗ	Потенциал за глобално затопляне
pH	potentia Hydrogenii
PL	Пределно допустима практическа концентрация
ПК	Парников газ
PS	Максимално допустимо налягане за компоненти в хладилна система
РКОНИК	Рамкова конвенция на Обединените нации по изменението на климата

TDC	Детектор за топлопроводимост
UBA	Umweltbundesamt (Германска агенция по околна среда)
ХиК	Хладилни и климатични [инсталации]

1 Въведение

Понятието „естествени“ в естествените хладилни агенти указва произхода на разглежданите флуиди, а именно природата, където те се срещат в резултат на геоложки и/или биологични процеси. За разлика от синтетичните хладилни агенти, тези естествено образуващи се работни флуиди в повечето случаи са щадящи към околната среда. При появата на охлаждането чрез сгъстяване на пара през втората половина на XIX век, за хладилни агенти са се използвали естествени вещества поради широката им достъпност – в началото най-вече амоняк (NH_3), въглероден диоксид (CO_2) и въглеродороди (HC). Оттогава насам са натрупани богат опит и познания. С естествените хладилни агенти обаче трябва да се работи внимателно.

Поради съображения за безопасност, произтичащи от високите работни налягания, запалимостта или токсичността, в началото на 30-те години се стига до разработването на синтетични решения (най-вече CFC). Те са смятани за безопасни и лесни за работа хладилни агенти и бързо стават предпочитани за различни приложения. Тези синтетични хладилни агенти обаче са съставени от халогените флуор и хлор, които имат висок потенциал за глобално затопляне (ПГЗ) и разрушават озоновия слой.

Съвсем наскоро въведените хладилни агенти с по-нисък ПГЗ като R32, хидрофлуороолефини (HFO) и смеси от тях често се разглеждат като алтернативи на използваните понастоящем флуоровъглеродороди (HFC). Тези газове също са запалими и частично се разграждат до силно токсични вещества. Дискутира се дали подобни газове са устойчива алтернатива на HFC. Опасностите, свързани със запалимостта, важат и за тези газове, макар че се полагат усилия за установяване на отделни насоки за въпросните алтернативи, тъй като те принадлежат към нововъведената група на „умерено запалимите“ газове. Тези газове не се разглеждат по-нататък в настоящия доклад.

През последните години в Европейския съюз (ЕС) се възраждат хладилните технологии, базирани на естествени хладилни агенти, които не оказват въздействие върху околната среда и климата или чието въздействие е несъществено – те се разработват активно и се установяват в най-различни сектори на приложение. Всъщност усилията за противодействие на задълбочаващия се парников ефект все повече насочват вниманието отново към естествените хладилни агенти. Разработени са различни високоефективни приложения, които са достигнали такова техническо ниво, което прави използването им икономически оправдано. Замяната на сегашните приложения, базирани на синтетични работни флуиди, с алтернативи, основаващи се на естествени хладилни агенти, ще допринесе също за решаването на проблема с емисиите на парникови газове (ПГ), породени от изтичането на синтетични хладилни агенти от многобройните съществуващи инсталации и уреди.

Новият Регламент (ЕС) № 517/2014¹ на ЕС относно F-газовете и планираното съгласно него поетапно намаляване на употребата на HFC ще бъдат допълнителен тласък за подобни технологии. Регламентът изхожда от очакването за глобално поетапно намаляване на потреблението и производството на HFC. С този нов законодателен акт ЕС засилва усилията си за намаляване емисиите на флуорсъдържащи парникови газове (F-газовете). Най-важният инструмент на новия Регламент на ЕС относно F-газовете е ограничаването на общото количество F-газове в ЕС. В Таблица 1 е показан планът за поетапно намаляване на употребата. Етапите на намаляване се отнасят до количеството CO_2 еквивалент (в метрични тонове, претеглен според ПГЗ), наличен през 2015 г.

¹ РЕГЛАМЕНТ (ЕС) № 517/2014 НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 16 април 2014 година за флуорсъдържащите парникови газове и за отмяна на Регламент (ЕО) № 842/2006

Таблица 1: План за поетапно намаляване на употребата съгласно новия Регламент (ЕС) № 517/2014 относно F-газовете

Години	Намаляване
2015	100%
2016-2017	93%
2018-2020	63%
2021-2023	45%
2012-2026	31%
2027-2029	24%
2030	21%

Източник: Регламент (ЕС) № 517/2014, приложение V

С прогнозираното намаляване на наличните количества хладилни агенти, съдържащи HFC, ще се засилва преходът към устойчиви алтернативи с нисък ПГЗ, каквито са естествените хладилни агенти. Поради опасенията, свързани с безопасността при употребата на естествени хладилни агенти, от основно значение е да се осигури леснодостъпна информация, доказваща, че с естествените хладилни агенти може да се работи по безопасен и устойчив начин.

Регламентът относно F-газовете включва също разпоредби за обучението относно алтернативите. Съдържанието и предлагането на подобни обучения са предмет на провеждан в момента консултативен форум относно F-газовете², в чийто информационен документ се посочва, че като цяло има достъпни материали, напр. чрез платформата „REAL Skills“ [„ИСТИНСКИ умения“]³, но са обучени много малко техници⁴.

Този документ с насоки има за цел да предостави кратък обзор по темата, като обхване основни технически и практически аспекти във връзка с безопасната употреба на и работа с естествени хладилни агенти и съответното оборудване. Разглеждат се трите основни вида естествени хладилни агенти:

1. CO₂ (R744)
2. HC, напр. пропан (R290)
3. NH₃ (R717).

В този документ с насоки не се разглеждат останалите понастоящем обсъждани алтернативи с по-нисък ПГЗ, напр. R32 и HFC и техните смеси.

² http://ec.europa.eu/clima/events/articles/0106_en.htm

³ <http://www.realskillseurope.eu/>

⁴ Ricardo-AEA и Gluckman Consulting (2015b)

2 Актуални стандарти за безопасност и законодателство в ЕС

Стандарт е например документ, в който се установяват важни изисквания за определена система, продукт или процес. Стандартите имат за цел намаляване на разходите, увеличаване на ефективността и повишаване на безопасността. Стандартите се разработват чрез процес на споделяне на познания и установяване на консенсус сред технически експерти. Те са доброволни, но е възможно спазването им да бъде задължително въз основа на позоваващи се на тях допълнителни закони и нормативни разпоредби.

Директивите и регламентите са законодателни актове на ЕС, които – като част от достиженията на правото на Общността – отделните държави членки трябва да въведат в правните си системи. Стандартите, които по искане на Европейската комисия се формулират съобразно с определена директива, се наричат хармонизирани стандарти и се публикуват в Официалния вестник на Европейския съюз.

Макар да са доброволни, хармонизираните стандарти са много полезни, тъй като предполагат презумпция за спазване на съответните законодателни актове. Производителите са склонни да следват хармонизираните стандарти, за да демонстрират качеството на продуктите си и за да отговорят на изискванията на свързаните директиви. За разлика от хармонизираните стандарти, нехармонизираните стандарти не дават конкретно тълкувание на съответните директиви. За да постигнат съответствие, производителите трябва да демонстрират спазване на законодателство, независимо от определен стандарт.

В Таблица 2 е посочено основното законодателство на ЕС, приложимо във връзка с безопасността на хладилните и климатичните (ХиК) инсталации, както и връзката със стандартите, с които то е хармонизирано. Тъй като всички цитирани законодателни актове на ЕС са директиви, те трябва да се транспонират от държавите членки в националното им законодателство.

Таблица 2: Законодателство на ЕС, приложимо във връзка с безопасността на естествените хладилни агенти и приложението им

Законодателен акт	Година	Заглавие	Приложно поле	Относителни хармонизирани стандарти*
Директива 94/9/ЕО ⁵	1994	Директива за използването в експлозивна атмосфера оборудване (ATEX) – оборудване и защитни системи, предназначени за използване в потенциално експлозивна атмосфера	- оборудване (електрическо и механично), използвано в потенциално експлозивна атмосфера - определя категории продукти и характеристики, на които трябва да отговарят продуктите, за да се инсталират в потенциално експлозивна атмосфера - предназначена за производителите и дистрибуторите	EN 1227-1 EN 13463-1, -5, -6 EN 14797 EN 14986 EN 15198 EN 15233 EN 60079-0, -15, -20-1
Директива 2014/34/ЕС ⁶	2014	Преработена съобразно с Регламент (ЕС) № 765/2008, влизащ в сила от 20 април 2016 г.		
Директива 97/23/ЕО ⁷	1997	Директива за съоръжения под налягане (PED)	- съоръжения под налягане и функционални групи с налягане, по-високо от 0,5 бара - хармонизация на националното законодателство по отношение на проектирането, производството и оценката за съответствие на съоръженията под налягане - по-рестриктивна по отношение на запалимите хладилни агенти	EN 378 EN ISO 4126 EN 12178 EN 12263 EN 12284 EN 13136 EN 14276-1, -2
Директива 1999/34/ЕО ⁸	1999	Директива относно отговорността за вреди, причинени от стока	- отговорност за дефектни продукти	

⁵ ДИРЕКТИВА 94/9/ЕО НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 23 март 1994 година за сближаване на законодателствата на държавите членки относно оборудването и защитните системи, предназначени за използване в потенциално експлозивна атмосфера

⁶ ДИРЕКТИВА 2014/34/ЕС НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 26 февруари 2014 година за хармонизиране на законодателствата на държавите членки относно съоръженията и системите за защита, предназначени за използване в потенциално експлозивна атмосфера (преработен текст)

⁷ ДИРЕКТИВА 97/23/ЕС НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 29 май 1997 година относно сближаване на законодателствата на държавите членки във връзка със съоръженията под налягане

⁸ ДИРЕКТИВА 1999/34/ЕС НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 10 май 1999 година за изменение на Директива 85/374/ЕО на Съвета за сближаването на законовите, подзаконовите и административните разпоредби на държавите членки относно отговорността за дефектни продукти

Законодателен акт	Година	Заглавие	Приложно поле	Относитими хармонизирани стандарти*
Директива 1999/92/ЕО ⁹	1999	Директива относно работните места в експлозивна атмосфера – здравословни и безопасни условия на труд в потенциално експлозивна атмосфера	- защита на работещите в потенциално експлозивна атмосфера - класификация на работните пространства, в които е налице експлозивна атмосфера - предназначена за собствениците на машини	
Директива 2006/95/ЕО ¹⁰	2006	Директива за ниското напрежение (LVD)	- приложима за всяко „електрическо съоръжение“, предназначено за използване при номинално променливо напрежение от 50 до 1000 V и постоянно напрежение от 75 до 1 500 V	EN 60204 EN 60335-1, -2-24, -2-34, -2-40
Директива 2006/42/ЕО ¹¹	2006	Директива за безопасност на машините (MSD)	- машини и подобни съоръжения, защитни компоненти - намаляване на рисковете чрез интегриране на безопасността в устройството, производството, поддръжката, демонтажа и пр. на машините	EN 378-2 EN 1012 EN 1127-2 EN 60204-1 EN 60335-1,-2-40

*Източник: <http://www.newapproach.org/Directives/DirectiveList.asp>

Техническите аспекти на хладилната и климатичната техника са предмет на множество различни стандарти. Някои включват екологични изисквания (напр. EN 378). Все по-широката употреба на технологии, включващи естествени хладилни агенти, през последните години непрекъснато тласка напред разработването на стандарти в тази област. Повечето стандарти не зависят от хладилния агент, но някои все пак определят правила относно конкретни хладилни агенти, например запалимите НС. Приложение I съдържа списък с основните приложими стандарти, свързани с безопасността на хладилните и климатичните инсталации и обкръжаващата ги среда; отрасловите насоки и кодекси на добри практики могат да са полезен източник на допълнителна информация.

⁹ ДИРЕКТИВА 1999/92/ЕС НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 16 декември 1999 година относно минималните изисквания за подобряване защитата на здравето и безопасността на работниците в потенциален риск от експлозивни атмосфери (петнадесета специална директива по смисъла на член 16, параграф 1 от Директива 89/391/ЕИО)

¹⁰ ДИРЕКТИВА 2006/95/ЕС НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 12 декември 2006 година за сближаване на законодателствата на държавите членки относно електрически съоръжения, предназначени за използване при някои ограничения на напрежението

¹¹ ДИРЕКТИВА 2006/42/ЕС НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 17 май 2006 година относно машините и за изменение на Директива 95/16/ЕО (преработен текст)

По отношение на безопасността стандартите може да включват следното:

- ▶ класификация за безопасност на хладилните агенти (запалимост, токсичност);
- ▶ видове режим на ползване и достъп, пределно допустими количества за зареждане на хладилните агенти и размери на помещенията;
- ▶ безопасно устройство и:
 - ▶ изпитване на компоненти и тръби (напр. налягания),
 - ▶ изпитване на функционални групи (системи);
- ▶ електрическа безопасност, източници на възпламеняване;
- ▶ инсталационни зони, разположение, тръби, механична вентилация, откриване на газ;
- ▶ указания, ръководства, указателни табели;
- ▶ сервизно обслужване, поддръжка и практики за работа с хладилни агенти.

Най-значимите от тези аспекти са подробно описани в следващите точки.

В информационен документ на консултативния форум за флуорсъдържащите газове¹² е представен анализ, дали законодателството и стандартите представляват пречка за възприемане на естествените хладилни агенти. Както е посочено в анализа, за NH₃ и CO₂ няма съществени допълнителни препятствия, но за запалимите хладилни агенти съществуват бариери. Строгите ограничения за количеството за зареждане и пълните забрани в някои държави членки на ЕС са пречка за по-широк подход към мерките за безопасност.

¹² Ricardo-AEA и Gluckman Consulting (2015a)

3 Технически насоки относно безопасната употреба на и работа с естествени хладилни агенти

3.1 Избор и приложение на хладилни агенти

Изборът на подходящ хладилен агент зависи от няколко фактора. Идеалният хладилен агент трябва да има следните качества:

- ▶ нулев озоноразрушаващ потенциал (ОРП);
- ▶ нисък или нулев ПГЗ;
- ▶ висока обемна охлаждателна мощност;
- ▶ химическа стабилност при всякакви температури и във всякакви среди;
- ▶ съвместимост с останалите материали, използвани в системата (метали, еластомери);
- ▶ разтворимост със смазочни масла;
- ▶ ниска или нулева токсичност;
- ▶ ниска или нулева запалимост;
- ▶ наличие в търговската мрежа;
- ▶ ниска цена (на килограм или за зареждане на системата).

За съжаление днес няма хладилен агент, който съчетава всички посочени свойства. Тъй като различните хладилни агенти притежават различни свойства, степента, в която определен хладилен агент е подходящ, ще варира според приложението.

Естествените хладилни агенти CO₂, HC₃ и NH₃ са евтини, широко достъпни и притежават много от изброените по-горе качества. В Таблица 3 са представени различни отрасли и приложения, за които те се (или могат да се) използват.

Таблица 3: Естествени хладилни агенти и области на приложение

Хладилен агент	Области на приложение
CO ₂ (R744)	Охлаждане за търговски и промишлени цели, охладители, термopомпи, хладилен транспорт, охлаждане при морски транспорт, климатизация на превозни средства, централни системи
Пропан (R290)	Охлаждане за търговски и промишлени цели, охладители, термopомпи, конвенционални климатични (сплит) системи (без въздуховоди), централни системи
Изобутан (R600a)	Битови хладилници, малки търговски хладилни системи, термopомпи
Пропилен (R1270)	Охладители, термopомпи, централни системи
NH ₃ (R717)	Промислени големи търговски хладилни системи, охладители, промишлени термopомпи

Естествените хладилни агенти обаче създават допълнителни рискове, свързани със запалимостта, токсичността и високите налягания. В Таблица 4 са представени най-общо свойствата, които изискват специално внимание, за да се гарантира безопасната употреба.

Таблица 4: Алтернативи на F-газовете и техните свойства

	При вдишване	Запалимост	Работно налягане
CO ₂ (R744)	нетоксичен (задушлив – натрупва се и замества въздуха, ако не бъде надлежно отведен)	незапалим газ	много високо налягане
HCs (R290, R600a, R1270)	нетоксичен (задушлив – натрупва се и замества въздуха, ако не бъде надлежно отведен)	силно запалим газ	по-ниско или сходно налягане в сравнение с R404A
NH ₃ (R717)	токсичен при вдишване	запалим газ	по-ниско налягане в сравнение с R404A

CO₂ (R744) се използва като хладилен агент от средата на XIX век. Той постепенно губи приложение с въвеждането на синтетични хладилни агенти през 30-те години. CO₂ е незапалим и нетоксичен, широко достъпен и евтин хладилен агент. В сравнение с HFC, CO₂ има по-добри топлообменни свойства и пренебрежим ПГЗ. Той е съвместим с конвенционалните материали, от които се изработват тръбните инсталации, както и със смазочните масла. Поради високата си обемна охладителна мощност – 5-8 пъти по-голяма, отколкото на HFC – количеството на хладилния агент може да се намали с 50%. Така се намаляват обемът на компресора и размерите на тръбите. Поради високото работно налягане, при което кондензира и се изпарява CO₂, той е с по-ниска ефективност в условия на висока температура на околната среда. Безопасното решаване на въпроса с високата температура на околната среда обаче не е толкова трудно, колкото се предполага обикновено. Поради ниската му критична температура от едва 31,1°C, хладилните кръгове с CO₂ често функционират в транскритични условия. Физичните свойства под и над този праг се различават. Експлоатацията под този праг е при CO₂ в субкритично състояние, а над прага – при CO₂ в транскритично състояние. В конвенционалните охладителни системи транскритичното състояние се характеризира с по-ниска енергийна ефективност и се достига през летните месеци, особено в южна Европа. Работи се по няколко технически иновации, чрез които да се подобри енергийната ефективност при по-топли климатични условия. Непрекъснато се измества по на юг т.нар. „екватор на CO₂“, при който системите с CO₂ постигат енергийна ефективност, съпоставима на тази на други охладителни системи. Хладилният агент преминава през четири циклични етапа на трансформация в хладилен кръг, работещ в субкритично състояние: изпарение, сгъстяване, кондензация и разширяване. При транскритични условия CO₂ не кондензира, тъй като системата работи над критичната температура, като вместо това настъпва охлаждане на газа без фазова трансформация. Системи с CO₂ в транскритично състояние изискват спецификации с много по-високо налягане.

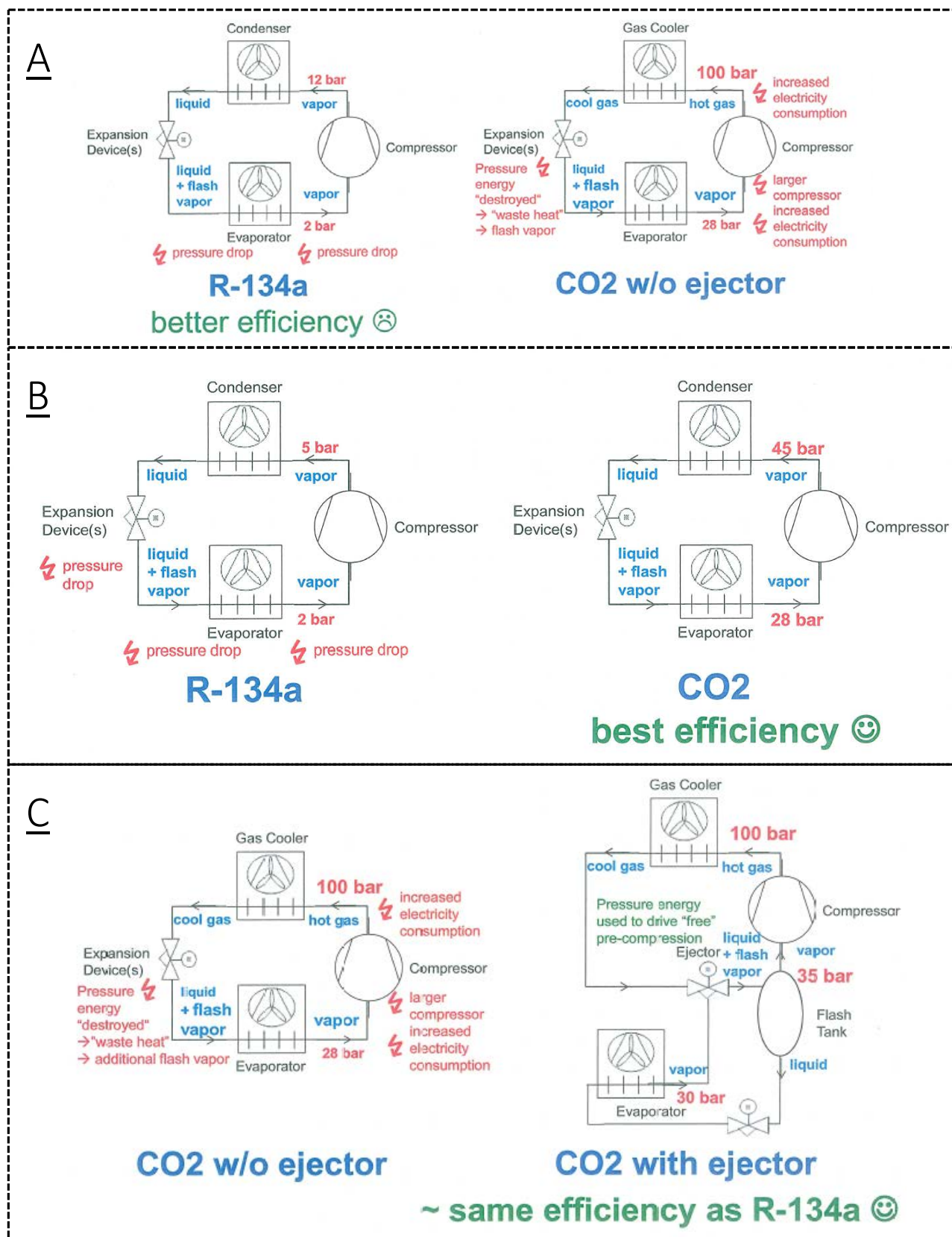
Провеждат се изследвания, насочени към подобряване на енергийната ефективност на хладилните системи с CO₂ в транскритично състояние. Една от новоразработените мерки е ежектор, внедрен с цел намаляване на налягането след газовия охладител. Този ежектор, следван от паросепаратор, се инсталира между газовия охладител и изпарителя. Ежекторът използва потенциалната енергия на потока с високо налягане, приходящ от газовия охладител, за херметизиране на потоците CO₂ от изпарителя.

Ежекторът може условно да се раздели на три сегмента:

1. Енергията от CO_2 с високо налягане ще се преобразува чрез дюза на Лавал в ниско напрежение, но с висока скорост на поточната фаза.
2. Това ниско напрежение позволява всмукването на парата от изпарителя, като ускорява скоростта си с потока под високо налягане.
3. Чрез реверсивна дюза сместа с висока скорост ще се преобразува отново в смес с ниска скорост и по-високо налягане от това на всмукателния клапан.

Паросепараторът отделя газовата от течната фаза, като течната фаза се подава към изпарителя. Газовата фаза от паросепаратора, предварително сгъстена от ежектора, позволява използването на по-малки компресори, функциониращи при по-ефективна работна амплитуда. Ежекторът, функциониращ като турбокомпресор, не зависи от електрозахранване. На фигура 1 са показани хладилни кръгове, работещи при субкритични и транскритични условия (зима/лято), включително в комбинация с ежекторната технология на „Carrier“, която компенсира загубата на ефективност при условия с по-висока температура на околната среда. Цената на инсталация с ежектор е по-висока с около 15%. Ако се вземе предвид цикълът на живот, инвестиционните разходи се амортизират чрез по-ниските оперативни разходи.

Фигура 1: Хладилен кръг с и без ежекторна технология: (А) Основен принцип на работа през горещ летен ден в транскритично състояние – без ежектор; (В) Основен принцип на работа през зимата в субкритично състояние – без ежектор; (С) Основен принцип на работа през горещ летен ден в транскритично състояние – с ежектор¹³



HC (R290 (пропан), R600a (изобутан), R1270 (пропилен) и пр. са сред първите използвани хладилни агенти. Те са нетоксични, но силно запалими. Поради запалимостта им тяхната употреба е намалена в полза на CFC и HCFC. Днес рискът от по-висока запалимост се компенсира от ограниченията на количеството зареждане за хладилния агент. Хладилните заряди при въгледородите са значително по-ниски в сравнение с тези при CFC, HCFC и др. Въгледородите предлагат висока ефективност, дори при високи температури на околната среда, и са съвместими с повечето компресорни смазочни вещества и материали, използвани в конвенционалните хладилни системи.

NH₃ (R717) намира търговско приложение за охлаждане през втората половина на XIX век и оттогава насам не е спирал да се използва. Поради отличните си термодинамични качества и високата си енергийна ефективност той е надеждна алтернатива на синтетичните хладилни агенти. Приложението му е съсредоточено в по-мощни инсталации с голямо количество на зареждане. Амонякът се отличава с ниска запалимост, но е силно токсичен. Поради това системите с NH₃ обикновено се разполагат далеч от обитавани селища. Инцидентите с изтичане на NH₃ са рядкост. Изтичанията на NH₃ се откриват лесно поради острата му миризма. За надлежна и безопасна работа с хладилния агент е необходим компетентен, обучен персонал. Особено внимание изисква комбинацията от NH₃ и вода, тъй като има корозивно действие върху медта и други цветни метали. Обикновено тръбните инсталации и др. компоненти в системи с NH₃ са от (неръждаема) стомана.

По принцип употребата на естествени хладилни агенти е подчинена на допълнителни изисквания за безопасност в сравнение с HCFC и HFC. Свързаните с безопасността съображения и рискове налагат различни изисквания по отношение на устройството на системите, избора на компоненти или разположението на агрегатите. Все пак обаче, при правилно проектиране и отговорно отношение към поддръжката, естествените хладилни агенти са устойчива алтернатива за повечето охлаждащи приложения.

3.2 Свойства на хладилните агенти и връзката им с безопасната употреба

По-нататък подробно се разглеждат свойствата на хладилните агенти, които имат отношение към безопасната работа. В таблица 5 са представени важни физически свойства и свързани с безопасността характеристики на основните естествени алтернативи и редица синтетични хладилни агенти, които се използват най-широко. Направени са препратки към съответните стандарти, където е приложимо. Следването на стандарт обаче е само един от начините за постигане на съответствие с приложимото законодателство. Друга възможност е безопасността да се документира чрез анализ на риска. При всички случаи производителят или вносителят носят отговорността да докажат безопасността на продукта.

¹³ Carrier Corporation (2015 г.)

Таблица 5: Общи свойства, свързани с характеристиките на безопасност по отношение на разпространените синтетични и естествени хладилни агенти

	HCFC	HFC	Естествен хладилен агент							
Хладилен агент ^a	R22	R134A	R407C	R404A	R410A	R744 (CO ₂)	R290 (пропан)	R600a (изобутан)	R1270 (пропилен)	R717 (амоняк)
Химическа формула/състав	CHClF ₂	CH ₂ FCF ₃	R32/125/134a (23/25/52)	R125/143a/134a (44/52/4)	R32/125 (50/50)	CO ₂	CH ₃ CH ₂ CH ₃	CH(CH ₃) ₃	CH ₃ CH=CH ₂	NH ₃
Молекулна маса (г/мол)	124,0	102,0	86,2	97,6	72,6	44,0	44,1	58,1	42,1	17,0
Маса спрямо въздуха?	По-тежък	По-тежък	По-тежък	По-тежък	По-тежък	По-тежък	По-тежък	По-тежък	По-тежък	По-лек
Класификация за безопасност ^b	A1	A1	A1	A1	A1	A3	A3	A3	A3	B2(L ^c)
Запалимост	-	-	-	-	-	-	Висока	Висока	Висока	Висока
Температурен клас (ATEX) ^d	-	-	-	-	-	-	T1	T1	T1	T1
Експлозивна група ^e	-	-	-	-	-	-	IIA	IIA	IIA	IIA
Група флуид по PED ^f	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
PL (кг/м ³) ^g	0,30	0,25	0,31	0,48	0,44	0,1	0,008	0,0086	0,008	0,00035
ATEL/ ODL (кг/м ³) ^h	0,30	0,25	0,31	0,48	0,44	0,036	0,09	0,06	0,0010	0,00035
LFL (кг/м ³) ⁱ	-	-	-	-	-	-	0,038	0,043	0,040	0,104
LFL/ UFL ^h (об.-%)	-	-	-	-	-	-	1,7/ 10,8	1,5/ 9,4	1,8/ 11,2	15,4/ 33,6
Температура на самовъзпламеняване (°C)	635	743	704	728	-	-	450	460	455	630
Нормална температура на кипене (°C)	-40,8	-26,2	-43,8 до -36,7	-46,5 до -45,7	-51,6 до -51,5	-78,5°C	-42,1°C	-11,7	-47,7°C	-33,4°C
Критична температура (°C)	96,1°C	101,1°C	86,0°C	72,0°C	71,4°C	31,0°C	96,8°C	135,0°C	92,4°C	132,4°C
Критично налягане (бар)	49,8	41,7	46,2	35,7	49,5	73,8	42,6	36,5	46,6	112,8

Източници: <http://gestis.itrust.de/>, EN 378-1^a R22 е единственият хладилен агент с ОРП^b Съгласно ISO 817 и EN 378-1: Класификация за безопасност на хладилните агенти^c Предложено в prEN378-1:2013^d Температурен клас T1 съгласно ATEX – температурата на възпламеняване на запалимото вещество > 450°C^e Експлозивна група съгласно ATEX – класификация за употреба на електрическо оборудване^f Група 1: запалими до експлозивни, оксидират се до силно токсични вещества; Група 2: други^g Пределно допустима граница на практическа концентрация – пределно допустима концентрация в обитаемо помещение, която няма да покаже отрицателно въздействие^h Гранични стойности на експозиция за остра токсичност/Граница на кислородна недостатъчностⁱ Долна граница на запалимост – минималната концентрация на запалимо вещество, при която смесите от въздух/изпарения могат да се възпламенят^j Горна граница на запалимост – границата на концентрация на запалимо вещество, над която няма достатъчно кислород за горене

3.2.1 Пределно допустима практическа концентрация

Пределно допустимата практическа концентрация (PL) се определя като прагова стойност за допустима концентрация на хладилен агент в обитаемо помещение, под която не следва да се очакват „ефекти, възпрепятстващи отвеждането“ [escape impairing effects]. Тя се използва също за определяне на максимално допустимото количество за зареждане на хладилния агент. При хладилни агенти с по-висока запалимост като въглеводородите, PL се определя на 20 % от долната граница на запалимост (LFL)¹⁴. Следователно допустимото количество въглеводороден хладилен агент обикновено е много по-ниско, отколкото при повечето други хладилни агенти. При останалите хладилни агенти PL обикновено се определя от граничната стойност на експозиция за остра токсичност/границата на кислородна недостатъчност (ATEL/ODL).

3.2.2 Запалимост

Запалимите вещества могат да развиват екзотермична окислителна реакция, т.е. горене. За горенето са необходими три елемента: гориво в подходяща концентрация, достатъчно кислород и източник на възпламеняване, напр. искра от електрически компонент. За да създадат запалимост, тези условия трябва да бъдат налични на едно и също място в пространството и в един и същи момент, а потенциалният източник на възпламеняване да се активира. В зависимост от условията на средата възпламеняването може да има различни последици като мигновено възпламеняване или експлозия (за което е необходимо достатъчно свръхналягане), които могат да доведат до увреждане на имущество или хора.

Таблица 6: Класификация на запалимостта съгласно EN 378

Клас запалимост	LFL, % от въздушния обем	Топлина на изгаряне (кДж/кг)	Разпространение на пламък
1	Няма разпространение на пламък при изпитване във въздух с температура 60°C и стандартно атмосферно налягане (1,013 бара)		
2, по-слаба запалимост	> 3,5	< 19 000	проявява се разпространение на пламък (изпитване при 60°C, 1,013 бара)
Предложен: 2L*, по-слаба запалимост	> 3,5	< 19 000	проявява се разпространение на пламък (изпитване при 60°C, 1,013 бара) със скорост на горене ≤ 10см/сек.
3, по-силна запалимост	≤ 3,5	≥ 19 000	проявява се разпространение на пламък (изпитване при 60°C, 1,013 бара)

*Предложен в prEN 378-1:2013; до момента е въведен само в ISO 5149

¹⁴ Colbourne (2010 г.)

Класификацията на запалимостта съгласно EN 378 зависи от това, дали веществата могат да се възпламеняват, а ако това е така – и от долната и горната граница на запалимост (съответно LFL и UFL) и топлината на изгаряне (вж. таблица 6). Тези характеристики – във взаимодействие със средата, в която се използват – водят до различни рискове.

LFL и UFL описват долната и горната граница на концентрация на запалимо вещество, смеси от чиито изпарения с въздух могат да се възпламеняват или горят. Под долната граница на запалимост концентрацията е твърде ниска за горене, а над горната граница не е наличен достатъчно кислород за горене. Тези параметри са критични за дебита на вентилационен въздух и настройките на датчиците за изтичане на хладилни агенти. Освен това те са важни за определяне на необходимото пространство за разполагане на определено приложение според количеството за зареждане на хладилния агент (вж. максималните количества за зареждане на хладилни агенти по-долу).

Минималната енергия на възпламеняване и температурата на самовъзпламеняване се свързват най-вече с източника на възпламеняване. Необходимо е отстраняване на потенциалните източници на възпламеняване от хладилните и климатичните инсталации, а в някои случаи – и от обкръжаващата ги среда. Това включва, наред с други неща, избягване на повърхности с температура с амплитуда на температурата на самовъзпламеняване, както и на употребата на устройства, които биха могли да произведат искри със заряд над минималната енергия на възпламеняване. Техниците по сервизното обслужване и поддръжката трябва да боравят внимателно с инструментите си, тъй като те могат да бъдат потенциални допълнителни източници на възпламеняване, наред с електрическите компоненти на самото оборудване (вж. таблица 7). Рискът от запалване е от 10 до 1000 пъти по-висок по време на сервизно обслужване, отколкото при нормална експлоатация, напр. поради неволно повреждане на компоненти, течове от бутилки с хладилни агенти, сервизно оборудване като източник на възпламеняване. Дори системите да са устроени така, че да бъдат безопасни при обичайна експлоатация, по време на сервизно обслужване безопасността се контролира по-трудно, поради което надлежното обучение на обслужващия персонал е от изключително значение.

Таблица 7: Примери за електрически устройства и инструменти/оборудване, които са потенциални източници на възпламеняване

Електрически устройства	Инструменти/оборудване
Превключватели (ръчни, с таймер, за размразяване, за диференциално налягане на масла и пр.)	Оборудване за запояване
Кондензни помпи	Някои електронни датчици за течове
Термостати	Незапечатани превключватели на оборудване (напр. вакуумпомпи)
Контролери за скорост на въртене на вентилатори	Генератори
Контактори и повечето превключватели „вкл./изкл.“	
Прегряване	
Релета	

Източник: Coulbourne (2010 г.)

В ЕС двете директиви относно експлозивната атмосфера (ATEX) (вж. Таблица 2) предписват ползване на специално оборудване и/или съответно поведение в среди, които има вероятност да се възпламенят или експлодират. Независимо от степента на запалимост на продукта или веществото, директивата трябва да се спазва при всички обстоятелства.

EN 378 не е хармонизиран с директивите ATEX и не съдържа прилагани от ATEX спецификации. Той обаче се позовава на стандарта EN 60079 (експлозивна атмосфера), с който директивите ATEX са хармонизирани. Други относими стандарти за продукти са: 60335-2-24, -2-40, -2-89 (безопасност на битови и подобни електрически уреди), които са по-важни по отношение на тези групи продукти, отколкото по-общият EN 378.

3.2.3 Токсичност/задушаване

Вдишването на изпарения от хладилен агент може да има различни последици за здравето. Класификацията за токсичност на хладилните агенти съгласно EN 378 се основава на това, дали токсичността е била установена при определени концентрации за определени периоди от време. Като хладилни агенти от клас А се определят тези, които нямат неблагоприятно въздействие върху здравето при експозиция в продължение на 8 часа на ден и 40 часа на седмица и концентрация от най-малко 400 частици на милион (ppm). При клас В продължителността на експозицията е същата, като обаче следва да не се наблюдават неблагоприятни последици при концентрация под 400 ppm.

Сред естествените хладилни агенти NH_3 е високотоксичен, поради което съгласно стандарта EN 378 е класифициран в клас В. При експозиция NH_3 може да е отровен, но наличието му трудно може да остане неоткрито: поради острата му миризма, той се усеща още при концентрация от 5 ppm – много преди достигане на сериозно застрашаващата концентрация от поне 400 ppm. Дори при ниски концентрации той има характерна миризма, поради което евентуално изтичане може лесно да се установи и загубата на хладилен агент да се сведе до минимум. Амониакът е по-лек от въздуха и затова изтеклият хладилен агент ще се издигне нагоре, измествайки кислорода в тази посока. Най-сериозна е опасността от NH_3 за очите – пряк контакт може да доведе до ослепяване. NH_3 дразни кожата, като поврежда тъканта чрез химически изгаряния и потенциални измръзвания, ако контактът е с течен амониак.

Има регистрирани инциденти с NH_3 , но няма ранени извън непосредствения обсег на системата. Пострадалите са били точно при точката на изтичане и са работели по системата. Нараняванията могат да се предотвратят с носене на подходящи предпазни средства (ръцете и краката да са покрити). Обслужването на системите трябва да се извършва с особено внимание, за да не се допусне изпускане на хладилния агент в пространства, в които работят хора.

Съгласно EN 378 при хладилни инсталации, заредени с количества NH_3 над 500 кг, наличието на хладилния агент във всички свързани водни или флуидни кръгове (системи с индиректно охлаждане) трябва да се следи с датчици и при извънредна ситуация да се задейства сигнал за тревога в машинното отделение. Тъй като NH_3 е по-лек от въздуха, вентилационната система трябва да бъде разположена високо. Амониак не бива да попада в канализационната система. Най-разпространеният метод е измерване на нивото на рН, тъй като стойността на рН се повишава при наличие на NH_3 . Анализът на химическия състав на водата дава още по-висока точност.

CO_2 не проявява токсичност и се среща естествено в атмосферата с концентрации от близо 350 ppm. Хората обикновено не усещат разлика в концентрацията между 300 и 600 ppm. Изтичането на CO_2 от определена система обаче не се забелязва. Газът е нетоксичен и няма мирис, въпреки че по-високите концентрации могат да причинят влошено физическо

състояние като задушаване, тъй като CO₂ е задушлив газ, който измества кислорода. Това означава, че затворените обекти (напр. машинни отделения, хладилни камери и пр.), в които има вероятност от изтичане на CO₂, трябва да са снабдени с датчици, които да задействат сигнал за тревога, ако концентрацията превиши PL (0.1 кг/м³; > 5,000 ppm). Тъй като CO₂ е един и половина пъти по-тежък от въздуха, той има склонността да се обединява и концентрацията му във въздуха няма да е хомогенна. По тази причина експозицията на CO₂, когато човек е в изправено положение, може да е по-ниска, отколкото на нивото на пода. Следователно датчиците за газа и вентилацията трябва да са разположени в близост до пода, на прибл. 30 см над него. Сензорът трябва да бъде монтиран в близост до пода, което означава, че измерваната от него концентрация ще бъде по-висока, отколкото на височината, на която газът може да бъде вдишан от сервизен техник например. Това осигурява своевременно предупреждение в случай на теч и по-дълго време за евакуация. Затвореното пространство около работещата с CO₂ система винаги трябва да бъде с добра вентилация. При контролирано изпускане на веществото от инсталацията трябва да се носят антифони, тъй като по време на процеса нивото на шума е високо.

В затворени пространства всички хладилни агенти са задушливи, тъй като могат да изместят годния за дишане въздух.

3.2.4 Работни налягания

За CO₂ са необходими значително по-високи работни налягания, което налага спазването на специфични изисквания за безопасност. Критичната температура на CO₂ е 31 °C, а критичното му налягане или критична точка е ~74 бара (т.е. 31,0 °C/73,8 бара). Критичната точка е тази, над която не съществуват отчетливи течна и газообразна фази. Над критичната точка CO₂ е в свръхкритично състояние. В сравнение с други хладилни агенти критичната точка на CO₂ е ниска; освен това тройната точка, в която съществуват едновременно твърда, течна и газообразна фаза, е висока (5,2 бара/ -56,6 °C).

По-високите работни налягания налагат специфични изисквания за техническите съоръжения – от дебелина на тръбите до подходящи инструменти и пр. Работните налягания и наляганята при покой са значително по-високи, отколкото при всички останали хладилни агенти. Общоразпространен проблем на системите с CO₂ в супермаркетите е високото налягане при покой. Ако съоръжението бъде спряно за профилактика или ремонт, хладилният агент в системата ще започне да се загрява и съответно налягането в системата ще се повиши. Възможно е използваните в (субкритична) каскадна система компоненти с CO₂ да не издържат на високото налягане, тъй като обикновено са предназначени за работни налягания от прибл. 35 бара¹⁵. Най-разпространената и лесна предпазна мярка е извеждане на част от съдържащия се в системата CO₂ с цел намаляване на налягането и температурата в инсталацията.

При определени условия, например при контролирано изпускане на хладилния агент или зареждане, е възможно да се образува твърд CO₂ (сух лед), ако налягането/температурата е под тройната точка. Това е от значение и за избора и разположението на вентилите за изпускане на налягане, през които не бива да преминава течен CO₂, тъй като вентилът може да се запуши от образуването на сух лед (при сублимирането на сух лед, налягането бързо се покачва). CO₂ има много висок коефициент на разширяване. Течният CO₂ се разширява бързо, което в затворено пространство може да доведе до много голямо повишение на налягането. Основно правило е, че на всеки 1 °C повишение на температурата на съдържащия се в затворено пространство CO₂, налягането се повишава с 10 бара. Трябва да се избягва наличие на течен CO₂ между затворени

¹⁵ Източник: Huehren (2015 г.)

вентили преди изпускане на налягане от системата. Това може да се постигне чрез преместване на течния CO₂ в друга част на системата чрез газ под високо налягане.

3.2.5 Режим на ползване и достъп и ограничение на количеството за зареждане с хладилен агент

Пределно допустимото количество за зареждане за всеки хладилен агент е тясно свързано с приложимите към хладилния агент изисквания за безопасност. Съгласно EN 378 за всеки хладилен агент количеството се определя от категорията режим на ползване и достъп (таблица 8) и разположението на компонентите, съдържащи хладилен агент, например:

- ▶ цяла система в обитавано от хора пространство, което не е машинно отделение;
- ▶ компресор и кондензатор в необитавано от хора машинно отделение или на открито;
- ▶ всички компоненти, съдържащи хладилен агент, в необитаемо от хора машинно отделение или на открито;

включително допълнителен фактор – устройството на системата, а именно система с директно или индиректно разширяване на хладилния агент.

Таблица 8: Класификация на режимите на ползване и достъп

Клас	Вид режим на ползване и достъп	Примери
A	Общ режим на ползване и достъп без никакви ограничения – жилища и обществени места	Болници, хотели, затвори, ресторанти, супермаркети, театри, транспортни терминали и др.
B	Режим на ползване и достъп под надзор, ограничен до определен брой хора, някои от които познават общите мерки за безопасност	Лаборатории, офиси, работни обекти и др.
C	Режим на ползване и достъп само с разрешение, като упълномощените лица познават общите мерки за безопасност	Хладилни складове, производствени обекти, помещения с ограничен достъп в супермаркети, рафинерии и др.

Когато PL е изведена от максимално допустимата маса на хладилен агент за определено обитавано пространство, максималното количество за зареждане е равно на горната граница на PL (в някои случаи ограничението може да е по-строго), като се изхожда от допускането, че в най-лошия случай целият хладилен заряд от кръга ще бъде изпуснат почти мигновено в помещение, без обаче да доведе до локална запалима концентрация, освен за много кратко. Особено при запалимите хладилни агенти това е причина за твърде ниско допустимо количество на зареждане. Строгото ограничение за количеството за зареждане е само една от мерките за гарантиране на безопасност. Други мерки, които за момента не се споменават в стандартите, включват задълбочен анализ на потока на хладилен агент в помещението при изтичане, като се отчитат разположението на теча и скоростта на смесване с въздуха (включително поради вентилацията), както и изключване на компресора, за да се спре притокът на повече хладилен агент към теча.

Минимални изисквания за вентилация в машинни отделения (режим на ползване и достъп от категория С)

Механична вентилация е необходима за всички системи, работещи с хладилен агент. Механичната вентилация е задължителна в машинни отделения с големи количества хладилен агент. EN 378 определя някои нива на вентилация за машинните отделения. Съгласно EN 378 всяко машинно отделение с инсталации с количество на зареждане на хладилния агент над 25кг трябва да бъде снабдено със система за откриване [на течове] на хладилния агент. За хладилни агенти, чиято миризма се разпознава при концентрации под стойността на ATEL/ODL (напр. R717), не са необходими датчици, тъй като изтичането лесно се забелязва. Ако концентрацията на хладилен агент в машинно отделение (или друго място с режим на ползване и достъп от категория С) надвишава PL, трябва да се задействат сигнал за тревога и механичната вентилационна система за извънредни ситуации.

Вентилацията трябва да се задейства най-късно при достигане на концентрация от 20% от LFL¹⁶/50% от ATEL/ODL. При запалими хладилни агенти е необходимо да се осигури достатъчна вентилация, така че хладилният агент бързо да се разпръсне в случай на изтичане. Предварително заложената стойност или граница за всеки датчик за кислородна недостатъчност трябва да бъде 18% от концентрацията на кислород. За CO₂ стойността на ATEL/ODL е 0,036 кг/м³, т.е. сигналът за тревога трябва да се задейства при 0,018 m³ (прибл. 20 000 ppm). В идеалния случай трябва да има и предупредителен сигнал при 5 000 ppm, тъй като поради високото налягане в работещите с CO₂ системи концентрацията бързо се повишава при теч.

3.2.6 Изисквания към компонентите

За различните естествени хладилни агенти може да е необходимо различно оборудване според изискванията за безопасност. В таблица 9 са обобщени необходимите настройки на компонентите според свойствата на конкретния хладилен агент. По-подробна информация може да бъде намерена в различни законови изисквания, стандарти, кодекси на добри практики и др.¹⁷

Исклучително високите работни налягания на CO₂ са свързани с някои предизвикателства от техническо естество. Компонентите трябва да издържат на налягания, които са 5 до 10 пъти по-високи, отколкото тези при синтетичните хладилни агенти. Затова материалите, дебелината на компонентите, методите на изработка на сглобките и механичната работа с компонентите (например компресора) трябва да бъдат приспособени.

За въглеводородите е необходима безопасна среда, в която е изключен рискът от запалване от потенциални източници на възпламеняване. Това се отнася по-специално за избора и разположението на електрическите компоненти и материалите. Вентилаторът на изпарителя и рамката му не бива да влизат в съприкосновение, тъй като това може да произведе искри. В стандартите EN 378, IEC 60335-2-24, IEC 60335-2-40 и IEC 60335-2-89 са посочени всички електрически устройства, които биха могли да бъдат източници на възпламеняване.

Поради химичните свойства на NH₃, за него не са подходящи тръби и други компоненти, съдържащи мед и други цветни метали (напр. цинк) или гума/пластмаса. При наличие на

¹⁶ Colbourne и колектив (2010 г.), EN 378

¹⁷ Насоки относно процеса за приспособяване на компоненти се съдържат в публикация на GIZ, озаглавена „Насоки за безопасното използване на въглеводородни хладилни агенти. Наръчник за инженери, техници, обучители и съставители на политики“.

<https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2010-en-guidelines-safe-use-of-hydrocarbon.pdf>

следи от вода или влага NH_3 има силно корозивно действие върху тези материали. Вместо това се препоръчва да се използва (неръждаема) стомана.

Таблица 9: Свързани с безопасността съображения и приспособяване на оборудването за CO_2 , HC и NH_3 като хладилни агенти.

Хладилен агент	Съображения за безопасност	Компонент	Изисквания
CO_2	Изтичане	Датчик за изтичане на хладилен агент	CO_2 и съображения за здравето: инсталациите, от които може да изтича CO_2 , трябва да са снабдени с датчици, които да задействат сигнал за тревога, когато концентрацията надвиши 5000 PPM
	Налягане	Вентили за изпускане на налягане	Намаляване на превишеното налягане чрез контролирано изпускане
	Налягане	Компресор	По-малко изместване, защита срещу свръхналягане
	Налягане	Тръби	По-дебели стени, по-малък диаметър
	Налягане	Сглобки	Запоеени или заварени; трябва да се избягват механични сглобки
HC	Изтичане	Тръби	Тръбопроводите трябва да бъдат затворени/покрити или защитени с цел предотвратяване на механично повреждане
	Съвместимост на материалите	Материали	EPDM, естествените каучуци и силиконовите гуми са несъвместими с HC ; хлоропрен (неопрен) – особено с ненаситени въглеводороди
	Възпламеняване	Електрически компоненти	Евентуално изтекъл хладилен агент не бива да тече или да се застоява на място с електрически компоненти, които биха могли да са източник на възпламеняване
	Възпламеняване	Вентилатор/рамка	Не бива да влиза в съприкосновение с рамката, тъй като това може да създаде искри, т.е. възпламеняване; вентилаторните перки и рамката трябва да са изработени от материали, които не причиняват искри при взаимодействието си (напр. не ръждаема стомана, нестоманови сплави и немесингови сглобки)
NH_3	Корозия (външна)	Тръби и други компоненти	Да се използват стомана или карбон вместо мед (вътрешната корозия не е съществен проблем)
	Изтичане	Сглобки	За да се намали рискът от изтичане, за предпочитане пред фланцовите сглобки са заварените, и то муфове (а не челно) заварените
	Изтичане	Предпазно-отсекателни устройства	Следва да се монтират предпазно-отсекателни вентили, за да се намали рискът от загуби на NH_3

4 Избрани практически препоръки за безопасна употреба на естествени хладилни агенти и оборудване

4.1 Общи препоръки

Работата с хладилен агент и климатични инсталации, в които той се използва, включва четири основни етапа: (1) монтаж и пускане в експлоатация; (2) поддръжка; (3) сервизно обслужване и ремонт; (4) извеждане от експлоатация, демонтаж и обезвреждане. Тези етапи включват дейности като:

- ▶ зареждане с хладилен агент;
- ▶ проверки за течове и откриване на газове;
- ▶ възстановяване на хладилния агент, изпускане или отвеждане;
- ▶ обща работа с бутилки.

При работа с естествени хладилни агенти е важно точно да се следват правилата за безопасност. Освен това техниците трябва да бъдат добре обучени и да имат познания за технологиите на хладилните и климатичните (ХиК) инсталации. Също така трябва да са компетентни в работата със синтетични хладилни агенти.

Независимо от вида на хладилния агент, има общи опасности, които важат за всички тях, например:

- ▶ Газовете и течностите под налягане могат да причинят наранявания (напр. измръзвания) при изпускане в атмосферни условия. Затова трябва да се носят подходящи лични предпазни средства.
- ▶ При изпускане хладилните агенти изместват въздуха и създават риск от задушаване и др. По тази причина е необходима вентилация; техниците трябва да знаят какви действия е необходимо да предприемат в случай на изтичане.

Тъй като е трудно да се предвидят всички евентуалности, може да е целесъобразно да се предприемат допълнителни предпазни мерки в зависимост от условията и съоръженията.

В описаните по-нататък добри практики за безопасно ползване на естествени хладилни агенти за пример са взети НС. Повечето процедури са подобни и за останалите естествени хладилни агенти.

4.2 Предупреждения, обозначения и указания

Стандартите за безопасност и нормативната база изискват предупредителни знаци, обозначения и подробни указания. Изчерпателен набор от знаци и указания следва да предупреждават за опасни вещества и да осведомяват работниците за подходящото поведение. Фигура 2 включва примери за широко разпространени знаци, свързани с изискванията за безопасност. Знаците и етикетите за опасни хладилни агенти се поставят върху контейнерите с хладилен агент и на местата за съхранение. Предупредителни знаци може да се поставят както в работните зони, така и върху оборудването, а присъствието им в ръководствата е задължително (напр. ръководства за монтаж или сервизно обслужване). Ръководствата и останалите указания трябва да включват също допълнителна информация за подобряване на безопасността при работа с оборудването. При запалимите хладилни агенти например е важно да се знае дали определен елемент от оборудването може безопасно да се използва в дадена зона.

Фигура 2: Знаци, свързани с безопасността на хладилните агенти

Предупредителни знаци				
	Опасна зона	Електричество	Токсично вещество	Запалимо вещество
Забранителни знаци				
	Киселина	Експлозивна атмосфера	Газ или съд под налягане	Горещи повърхности
Въвеждащи задължение знаци				
	Пушенето забранено	Забранява се открит пламък	Забранено за външни лица	
				
	Използвай предпазни очила	Използвай предпазни обувки	Използвай предпазни ръкавици	Използвай работно облекло

Източник: Федерална служба по безопасност на труда и трудова медицина [Bundesamt fuer Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin], <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/pdf/ASR-A1-3.pdf> (версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

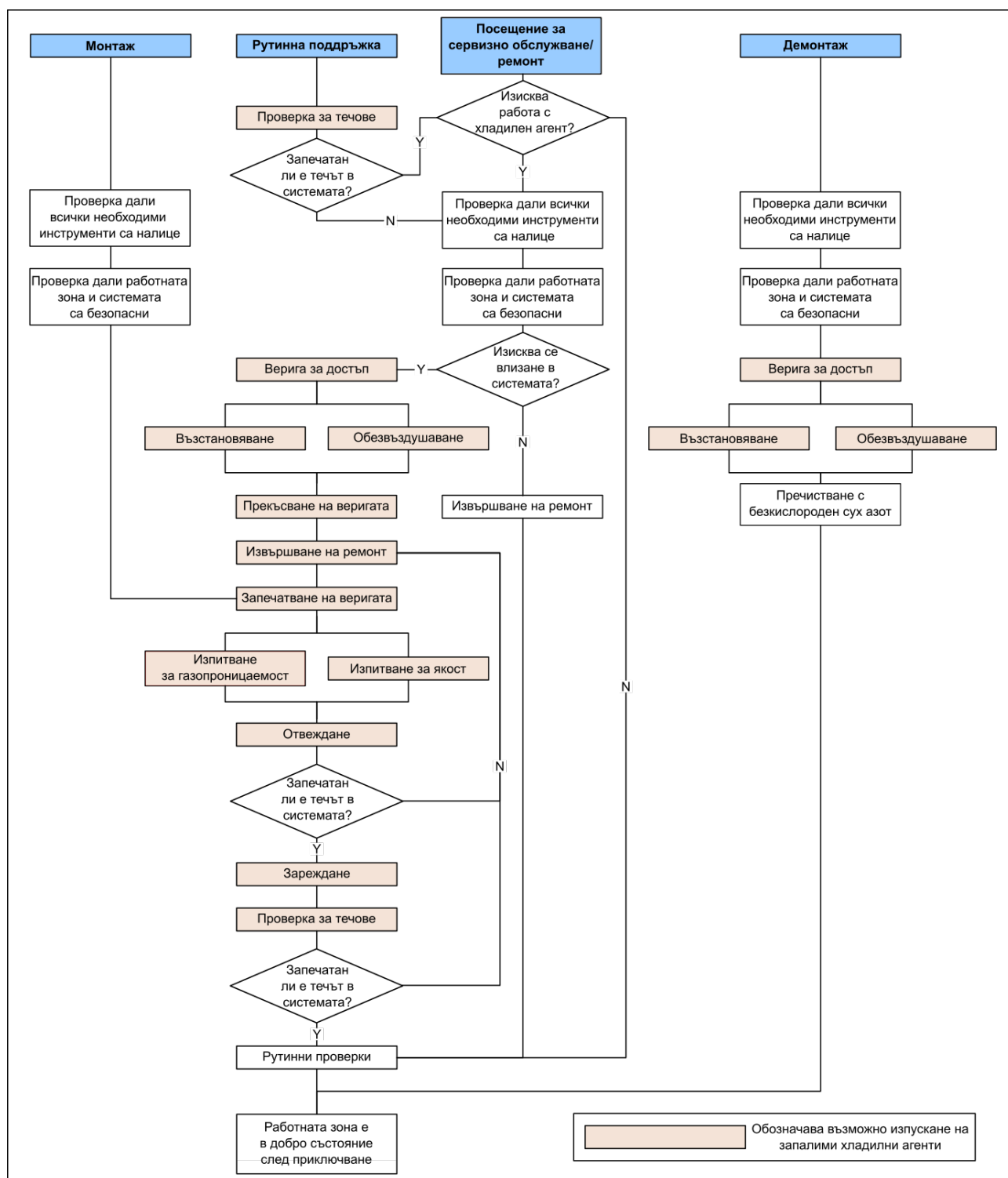
4.3 Работа със запалими хладилни агенти

При работа със запалими хладилни агенти, трябва да се установят функции в устройството на системите и работни практики, които да свеждат рисковете до минимум. Необходимо е познаване на свойствата на различните хладилни агенти. Сред мерките за предотвратяване на инциденти са повишаването на осведомеността относно практиките на безопасна работа с и съхранение на запалими хладилни агенти, както и относно подходящото устройство на системите. Необходимо е предприемане на предпазни мерки за предотвратяване на изтичания и опасно натрупване на хладилен агент. При запалимите хладилни агенти трябва да се отстранят потенциалните източници на възпламеняване.

4.3.1 Установен ред на работа

Техниците, изпълняващи различни дейности като монтаж на оборудване, пускане в експлоатация на инсталации, рутинна поддръжка, сервизно обслужване и ремонт или демонтаж, трябва да следват строго установен ред на работа. Фигура показва ситуации, с които техниците трябва да се справят при работа по определена система. По време на тези дейности те могат да попаднат в контакт с изпуснат хладилен агент, което носи определени рискове при запалимите хладилни агенти.

Фигура 3: Дейности, при които е възможно изпускане на хладилен агент



Източник: Colbourne и колектив (2010 г.)

4.3.2 Оценка на риска

Оценка на риска е общ способ за определяне на потенциалните опасности и за начините на отстраняването им. Тя е полезен инструмент за постигане на рационално разбиране на риска, свързан с използването на запалими хладилни агенти. По принцип, ако свързаните с използването на определена технология рискове и съставните им елементи са слабо познати и недостатъчно разбрани, ще има много несигурност по отношение на безопасното устройство, използване и управление на оборудването. Това води до по-рискови положения. Ако обаче участниците познават и разбират въпроса по-добре, ще се постигне много по-висока степен на сигурност по отношение на безопасното устройство, използване и управление на оборудването. Това в крайна сметка води до намалено равнище на риска¹⁸. За запалимите хладилни агенти тази оценка трябва да включва:

- ▶ опасни свойства на веществото;
- ▶ експозиция на лицата на риск;
- ▶ вероятност от създаване и трайно наличие на експлозивна атмосфера;
- ▶ вероятност от наличие и активиране на източници на възпламеняване;
- ▶ необходими действия при пожар или експлозия – мащаб на очакваните последици.

Има няколко метода за оценка на риска, както и стандарти, които може да са пряко или общо приложими за разглежданата ситуация или оборудване¹⁹.

4.3.3 Временно пожароопасна зона и безопасно работно пространство

Някои места трябва да се обозначават като „временно пожароопасна зона“ при работа по системи със запалими хладилни агенти. Тази временна зона следва да варира – с радиус от около половин метър от системата до подходящо разстояние предвид максималното количество хладилен агент, което би могло да се изпусне по време на работната процедура. „Безопасното работно пространство“ започва от разстояние три метра около системата. В радиус от два метра не бива да има никакви източници на възпламеняване; преди и след извършване на работата трябва с помощта на детектор за газ да се проверява концентрацията на НС във въздуха.

Инструментите, използвани във временно пожароопасни зони, трябва да са подходящи за работа в потенциално експлозивна атмосфера.

4.3.4 Сервизно обслужване и ремонт

Докато трае сервизното обслужване на системата се препоръчва използването на портативен детектор за газ без функция „нулев фон“ [zero background] (прикрепен към облеклото или поставен на пода). Предварително заложената стойност за задействане на сигнала за тревога трябва да бъде 15% от LFL. Така техниците ще бъдат предупреждавани навреме и ще могат да реагират незабавно съгласно процедурите за действие при извънредни ситуации.

¹⁸ Colbourne (2010 г.)

¹⁹ Например EN 15198: Методология за оценка на риска за неелектрически съоръжения и съставни части при използването им по предназначение в потенциално експлозивни атмосфери. Предотвратяване на експлозия и защита срещу експлозия; EN 15233: Методология за оценка на функционалната безопасност на защитни системи за потенциално експлозивни атмосфери

4.3.5 Възстановяване на хладилния агент

Наличието на възможност за източване на хладилния агент е задължително за синтетичните хладилни агенти, като озоноразрушаващите вещества (ОРВ) и F-газовете, но при всички случаи е препоръчително за всички видове хладилни агенти. Възстановяването на въглеродород от хладилния кръг не се различава от процедурите, прилагани при синтетичните хладилни агенти. Трябва обаче машината за възстановяване задължително да е съвместима с НС и да няма източници на възпламеняване. Същото важи и за бутилката за възстановяване.

Важно е да се подчертае, че въглеродородните хладилни агенти в течно състояние заемат над два пъти повече обем, отколкото синтетичните флуорсъдържащи хладилни агенти, тъй като плътността им е едва наполовина на тяхната. Ако това не бъде съобразено при възстановяването, бутилката за възстановяване може да избухне. Затова тя трябва да се пълни само до 75% от вместимостта си. Важно е също да се има предвид, че бутилката може да бъде изложена на по-високи температури на околната среда и течният въглеродород да се разшири. Следователно максималното пълнене не бива да надвишава 40% от количеството за синтетични флуорсъдържащи хладилни агенти в килограми.

4.3.6 Контролирано изпускане на хладилен агент

Изпускане от системата (на безопасно място) се извършва само при малки количества въглеродород (под 150 г). Съгласно законодателството, изпускане от система не може да се извършва на обществено достъпни места. Гъвката тръба за изпускането трябва да е съвместима с въглеродородите и да излиза на поне 3м извън сградата. Необходимо е да се гарантира, че няма източници на възпламеняване в близост до мястото на отвеждане на агента от гъвката тръба.

4.3.7 Зареждане на хладилен агент

Прилаганите при въглеродородите процедури на зареждане са сходни с тези при всички останали хладилни агенти, но има някои важни особености, които следва да се имат предвид. Свързването на гъвките тръби трябва да бъде проверено и обезопасено, включително чрез проверка за потенциални източници на възпламеняване във временно пожароопасната зона. За да се избегне размяна на маркучките по невнимание, се препоръчва употребата на четириканален сборен колектор (манифолд), като гъвките тръби трябва да бъдат възможно най-къси. Преди да започне зареждането, хладилната система трябва да бъде заземена и да се извърши проверка за теч, а системата да бъде надлежно обозначена.

4.3.8 Откриване на течове при въглеродороди

Откриването на течове е особено важно при работа по системи, работещи с въглеродороди. Откриването на течове обаче не бива да се бърка с откриването на газ, което само по себе си е средство, за установяване на течове. В Таблица 10 са посочени различни методи за откриване на течове при въглеродороди.

Таблица 10: Подходящи методи за откриване на течове при въглеводороди

Метод	Използван като	Непрепоръчителен	Необходим	Препоръчителен
Тест със сапунена вода при хладилен агент под налягане (само)	Проверка за теч	X		
Подходящ електронен детектор за газ, напр. детектор за топлопроводимост (TCD)	Тест за теч		X	
Поставяне на системата под налягане с OFDN* Тест със сапунена вода (тест за мехурчета)	Тест за непроницаемост Достатъчно е тестово налягане от 10 бара		X	
Поставяне на системата под налягане с газова смес N ₂ /H ₂ и детектор за следи от газ	Тест за непроницаемост Достатъчно е тестово налягане от 5 бара			X
Поставяне на системата под налягане с OFDN	Тест под налягане (за якост) PS x 1.1, напр. при ремонт или подмяна на компоненти от хладилния кръг		X	
Постоянни системи за откриване на течове на хладилни агенти	Постоянна система за следене за течове на хладилни агенти. Задължителна за заряди ≥500 т CO ₂ еквивалент съгласно регламента на ЕС относно F-газовете		X	

Източник: Huehnen (2015 г.)

*сух безкислороден азот (за да се възпрепятства образуването на оксиди)

4.3.9 Съхранение на резервоари с хладилен агент

Въглеводородите могат да се съхраняват в резервоари за многократно зареждане или за еднократна употреба. Работата с резервоари, заредени със запалителни вещества, обикновено е регламентирана в националното законодателство. Като цяло трябва да се съблюдават следните предпазни мерки.

- ▶ Съхранение – на специално предназначени за целта места, на партерно ниво, никога в жилищни помещения, за предпочитане извън сгради, на сухо, хладно място с добро проветрение, в изправено положение.
- ▶ Достъп – обозначено място за достъп с ограничителен пропускателен режим само за упълномощени лица.
- ▶ Ограничение – трябва да се спазва ограничението за количество съхранявано запалимо вещество.
- ▶ Забрана – недопускане на тютюнопушене и открит пламък в близост до мястото на съхранение.
- ▶ Запалимост – избягване на източници на възпламеняване.

5 Примери за използване на естествени хладилни агенти от практиката

Естествените хладилни агенти вече намират различни приложения – от промишлено охлаждане до климатици. Липсата на информация относно технологията често е съпроводена от погрешни представи за допълнителните рискове, свързани с естествените хладилни агенти. В много страни обаче бързо навлиза употребата на системи, базирани на естествени хладилни агенти. Работата с големи заряди от такива хладилни агенти е рискова, поради което са необходими специфични практики и процедури. Решение на проблемите около безопасността е намаляването на количествата на зареждане на хладилните агенти, като се използват системи с индиректно охлаждане. Необходимо е доразвиване на тези системи, за да се подсигури безопасната им употреба в по-широк мащаб.

Мотивите за избор на естествени хладилни агенти са свързани най-вече с повишаване на енергийната ефективност и независимост от изискванията на Регламента относно F-газовете (задължителни проверки за течове; несигурност относно цената и предлагането на базираните на F-газове хладилни агенти в бъдеще, забрани). Понастоящем инвестицията обикновено е по-голяма, отколкото при системи, използващи F-газове. Често пъти това се дължи на обстоятелството, че оборудването (все още) не се произвежда масово и затова е по-скъпо. В повечето случаи по-високите инвестиционни разходи се компенсират с по-ниски разходи за енергия.

Пример 1. Охладител за климатична инсталация с хладилен агент R290 – „Ohara GmbH“, Хофхайм

Запалимите хладилни агенти като пропана навлизат като заместител на конвенционалните хладилни агенти не само в малки обекти, но все повече и за по-мощни охладителни приложения. Пример за това е охладител с HC за климатичната инсталация на двуетажна сграда с РЗП 630 м². Охладителната мощност възлиза на 26,5 kW (40–50 W/м²). Има два компресорни кръга, заредени с по 3,1 кг пропан. Съдържащите пропан компоненти на системата са разположени в машинна кабина на безопасно разстояние от сградата. Така запалимостта на хладилния агент не застрашава хората и вътрешността на сградата. Ако системата бе разположена на покрива, би била необходима допълнителна противопожарна инсталация.

Охладена смес от вода и гликол циркулира между външната машинна кабина и таванните касети на климатичната инсталация в сградата. При ниски външни температури (под 0 °C) отоплението се подпомага от кондензен котел на природен газ. Излишното охлаждане или затопляне може да се съхраняват в буфери в сутерена, чрез които могат да се задоволяват потребностите на сградата в периоди на повишени цени на енергията.

Освен това системата е свързана с производителя, който може да следи функционирането на инсталацията без проверки на място.

Пример 2. Система за охлаждане на ледена суспензия с пропан/CO₂, Технически университет по приложни науки, Карлсруе

Друг пример, при това доста екзотичен, е машината за ледена суспензия, базирана на R290/CO₂, в студентския център [Studierendenwerk] на Техническият университет по приложни науки в Карлсруе, която обслужва столовата на университета. Използването на пропан за производство на ледена суспензия до момента няма аналог. Ледената суспензия се произвежда в 6

цилиндрични генератора (охладителна мощност 14 kW, 3 хладилни кръга със заряд по 10 kg) чрез R290 като основен хладилен агент. Всеки ледогенератор е снабден с отделна помпа към резервоар за съхранение. Ледът се съхранява в резервоар, в който постоянно се разбърква. Ледената суспензия е съставена от ледени късчета с формата на бобено зърно с големина до половин милиметър, които се пускат в разтвор от вода, при бл. 8% етанол и гликол. Вторичният хладилен агент се разпределя към хладилниците и хладилните камери чрез обикновени помпи, обичайно използвани в отоплителни системи. Ледената суспензия се изпомпва през полиетиленов тръбопровод. Тя охлажда хладилните витрини в стола, както и хладилните складове. Хладилните камери за замразени продукти се обслужват от компактна система, базирана на CO₂, каскадно присъединена към хладилния кръг, за да се осигури капацитет за замразяване при температури под -20 °C.

Основните предимства в сравнение с конвенционална система с директно разширяване са:

- а) намалени течове, тъй като не е нужен комплексен тръбопровод през сградата; и
- б) значително намаляване на енергопотреблението при пиково натоварване чрез разделяне на „производството“ на охлаждане и „потреблението“ му чрез съхранението на ледена суспензия.

Машинното отделение е разположено извън сградата (следователно запалимостта не представлява риск за хората) и е изградено от две камери, разделени с херметична стена. В едната камера са компресорите за пропан, а в другата – електрическата контролна система. Благодарение на това разделение за контролната система могат да се използват конвенционални компоненти без специални мерки за защита от възпламеняване. Освен това функция за изсмукване на въздуха осигурява допълнителна защита. Хладилните камери са снабдени с аларми за CO₂.

Пример 3. Централизиран системи за супермаркети, използващи CO₂ – „Edeka Nolte“, Кьонигщайн

„EDEKA“ е най-голямата икономическа група в сектора на търговията на дребно в Германия и е съставена от множество франчайзополучатели („EDEKA Nolte“). Хладилната система на супермаркет „EDEKA Nolte“ в Кьонигщайн е инсталация на производителя „Carrier“, работеща с CO₂, която е въведена в експлоатация през втората половина на 2013 г. Това е първата базирана на CO₂ технология, използвана в супермаркетите „EDEKA“. Вторият магазин с базирана на CO₂ хладилна система е открит в началото на 2015 г. Хладилната система има капацитета да осигурява климатизацията (охлаждане и отопление) във вътрешността на супермаркета и да изстудява хладилниците му. Поради стъклената фасада на сградата е необходима и допълнителна климатизация на магазина. Обектът е новопостроен и снабден с енергийно ефективна осветителна система на светодиоди (LED).

Съвкупната икономия на енергия, включително благодарение на светодиодното (LED) осветление, е приблизително 50% в сравнение с конвенционална модерна хладилна система на супермаркет. Приблизително 35% се дължат само на хладилната система. Трудно е да се определи периодът на изплащане на първоначалната инвестиция, тъй като в общата калкулация са включени и субсидии. В общи линии е възможно инвестицията да се изплати в срок от порядъка на 3–5 години. Амортизационният период на светодиодната (LED) технология е под 2 години. Не може да се изчисли лесно и доколко инвестиционните разходи са по-високи в сравнение с тези при конвенционална система, работеща с F-газове, но разликата би била от порядъка на 30-40%.

Изисква се рутинна профилактика на хладилната система около 2 пъти годишно. Не се изисква извършването на задължителни проверки за течове. За да се поддържа високата ефективност на системата, цялата сграда се наблюдава онлайн и това позволява да се установят дори малките отклонения от обичайната ефективност и да се предприемат навременни действия.

6 Откъде да започнем?

Познанията за работа с естествени хладилни агенти днес вече са включени в официалното (теоретично) обучение на хладилни техници. Не особено богатият практически опит поради ограниченото за момента приложение би могъл да е причината за известната неохота за по-широко прилагане на естествените хладилни агенти. Практическото обучение в областта на естествените хладилни агенти би могло да мотивира хладилните техници по-често да използват естествени хладилни агенти.

Според изследване, проведено в Германия през 2014 г.²⁰, използването на въглеводородни хладилни агенти е обещаващо за следните приложения: климатици, битови термопомпи, хладилни камиони и ремаркета и охладители с мощност до 1 MW. С оглед на по-ускореното разпространение на естествените хладилни агенти е установено е, че следните мерки имат обещаващ потенциал:

- ▶ „Зелени обществени поръчки“ за охладители.
- ▶ Приспособяване на съответните технически стандарти с цел насърчаване на по-широката употреба на въглеводородни хладилни агенти, особено за климатизация.
- ▶ Преразглеждане тълкуването на германското законодателство относно отговорността за вреди, причинени от стоки, по отношение на въглеводородните хладилни агенти. Това ще има положително отражение върху всички приложения.
- ▶ Учредяване на професионално звено за контакт, което да изпълнява ролята на независим и обективен консултативен център за въглеводородни хладилни агенти. Това ще се отрази на три от основните приложения.
- ▶ Разработване и публикуване на насоки за използването на НС в термопомпи и за употреба на компоненти, които все още не са сертифицирани за НС.

Няколко от тези мерки имат за цел да повишат доверието към съществуващите стандарти чрез разработване на насоки за специфични групи продукти или изследване на правните последици, които потенциално биха могли да възникнат от законодателството относно отговорността за вреди, причинени от стоки. Възможно е подобни мерки да допринесат за увеличаване на броя на инсталациите с оборудване, базирано на CO₂ и NH₃.

Без подробно изследване относно степента, в която мерките са годни за пренасяне в българския контекст, от тези констатации може да се изведат някои общи насоки:

- ▶ Да се определят приложенията, за които въвеждането на естествен хладилен агент е многообещаващо що се отнася до готовността за прилагане на технологията и очакваното намаляване на емисиите.
- ▶ Да се анализира актуалното законодателство и стандартите, приложими за конкретното приложение.
- ▶ Да се разработят и разпространят документи с насоки за това конкретно приложение.
- ▶ Внедряването на нови технологии би могло да се ускори с помощта на програми за финансово подпомагане, които да компенсират високата цена, дължаща се на малкия брой съоръжения.

²⁰ Heubes и колектив (2014 г.)

7 Библиография

Публикации

Arias, Jaime (2005). Енергопотребление в супермаркетите – моделиране и замервания на терен [Energy Usage in Supermarkets - Modelling and Field Measurements]. Докторска теза, Кралски технически институт [Royal Institute of Technology], Стокхолм, Швеция.
https://www.kth.se/polopoly_fs/1.301522!/Menu/general/column-content/attachment/PhD%20Thesis-Jaime%20Arias.pdf

Hasse, Volkmar; Ederberg, Linda; Colbourne, Daniel (2008; втори тираж: 2012). Естествени хладилни агенти – устойчиви, щадящи озона и климата алтернативи на HCFC [Natural refrigerants- sustainable ozone- and climate-friendly alternatives to HCFCs]. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH, Ешборн, Германия. <https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2008-en-natural-refrigerants.pdf>

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Colbourne, Daniel (водещ автор); Huehren, Rolf; Schrempf, Bernhard; Ederberg, Linda; Meenen, Sabine (2010 г.; втори тираж: 2012 г.). Насоки за безопасна употреба на въглеводородни хладилни агенти. Наръчник за инженери, техници, обучители и съставители на политики. За щадящо климата охлаждане [Guidelines for the safe use of hydrocarbon refrigerants. A handbook for engineers, technicians, trainers and policy-makers - For a climate-friendly cooling]. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH, Ешборн, Германия.

<https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2010-en-guidelines-safe-use-of-hydrocarbon.pdf>

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Colbourne, Daniel; Huehren, Rolf (водещ автор); Ederberg, Linda (2011 г.). Експлоатация на климатични инсталации от две части с въглеводороден хладилен агент. Ръководство за приспособяване за техници, обучители и инженери [Operation of split air conditioning systems with hydrocarbon refrigerant. A conversion guide for technicians, trainers and engineers]. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH, Ешборн, Германия.

<https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2011-en-split-air-conditioning.pdf>

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Hasse, Volkmar; Ederberg, Linda; Kirch, Rebekka (2010 г.; втори тираж: 2012 г.). Добри практики в хладилното дело [Good practices in refrigeration]. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH, Ешборн, Германия. <https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2010-en-good-practices-in-refrigeration.pdf>

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Heubes, Jonathan; Papst, Irene; König, Holger; Usinger, Jürgen; Gschrey, Barbara; Kimmel, Thomas; Schwarz, Winfried (2014). Kohlenwasserstoffe sicher als Kältemittel einsetzen - Entwicklung einer Strategie zum vermehrten Einsatz von Kohlenwasserstoff - Kältemitteln als Beitrag zum deutschen Klimaschutzziel unter Berücksichtigung des Energieziels 2050. Германска агенция по околна среда, Десау-Рослау, Германия.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_30_2014_kohlenwasserstoffe_sicher_als_kaeltemittel_einsetzen.pdf

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

REAL Alternatives Europe (2015a). REAL Alternatives Europe, програмен модул 1 - Въведение в алтернативните хладилни агенти – безопасност, ефективност, надеждност и добри практики [Introduction to Alternative Refrigerants - safety, efficiency, reliability and good practice].

<http://www.realalternatives.eu/learning-platform>

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

REAL Alternatives Europe (2015b). REAL Alternatives Europe, програмен модул 2 – Проектиране на системи с алтернативни хладилни агенти [System design using alternative refrigerants].

<http://www.realalternatives.eu/learning-platform>

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

REAL Alternatives Europe (2015c). REAL Alternatives Europe, програмен модул 6 – Контролен списък със законови задължения при работа с алтернативни хладилни агенти [Checklist of legal obligations when working with alternative refrigerants].

<http://www.realalternatives.eu/learning-platform>

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Ricardo-AEA и Gluckman Consulting (2015a). Информационен доклад, тема А: пречки, свързани със стандарти и законодателство [Topic A Briefing Paper: Barriers related to standards and legislation.]. 1-во заседание на консултативния форум съгласно чл. 23 от Регламент (ЕС) No. 517/2014 относно флуорсъдържащите парникови газове. Брюксел, Белгия. Септември 2015.

http://ec.europa.eu/clima/events/docs/0106/m01/ta_paper_en.pdf

(версия, актуална към 6 октомври 2015 г.)

Ricardo-AEA и Gluckman Consulting (2015b). Информационен доклад, тема Б: пречки, свързани с обучението. 1-во заседание на консултативния форум съгласно чл. 23 от Регламент (ЕС) No. 517/2014 относно флуорсъдържащите парникови газове. Брюксел, Белгия. Септември 2015.

http://ec.europa.eu/clima/events/docs/0106/m01/tb_paper_en.pdf

(версия, актуална към 6 октомври 2015 г.)

Отдел по технологии, промишленост и икономика на Програмата на ООН за околната среда [UNEP Division of Technology, Industry and Economics] (2010). Алтернативи на HCFC в хладилния и климатичния бранш. Практически насоки и изследвани казуси за адаптиране и подмяна на съоръжения [Alternatives to HCFCs in the refrigeration and air conditioning sector. Practical Guidelines and Case Studies for Equipment Retrofit and Replacement].

[http://www.unep.org/pdf/hcfc-alternatives .pdf](http://www.unep.org/pdf/hcfc-alternatives.pdf)

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Презентации

Colbourne, Daniel (2014). Възможности за трансформиране на хладилния и климатичен бранш – техническа перспектива [Possibilities of the RAC sector transformation – a technical perspective].

Делегация на Европейския съюз в Индия и GIZ Proklima. Ню Делхи, Индия, 2014.

http://ec.europa.eu/clima/events/docs/0102/possibilities_en.pdf

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Colbourne, Daniel (2015a). Предизвикателства за използването на естествени хладилни агенти [Challenges to the use of natural refrigerants]. Семинар на тема „Щадящи климата технологични алтернативи на HCFC/HFC“ [Climate-friendly technology alternatives to HCFC/HFCs], Тел Авив, Израел, май 2015.

http://www.sviva.gov.il/English/env_topics/climatechange/Mitigation/Documents/Challenges%20to%20the%20use%20of%20natural%20refrigerants%20-%20D%20Colbourne%20-%20May%202015.pdf

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Colbourne, Daniel (2015b). Стандарти за безопасност и оценка на риска [Safety standards and risk assessment]. Семинар на тема „Щадящи климата технологични алтернативи на HCFC/HFC“, Тел Авив, Израел, май 2015.

http://www.sviva.gov.il/English/env_topics/climatechange/Mitigation/Documents/climate-friendly%20alternatives%20to%20HCFC-HFCs%20-%20Safety%20standards%20and%20risk%20assessment%20-%20D%20Colbourne%20-%20May%202015.pdf

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Colbourne, Daniel; Peixeito, Roberto (2015c). Климатизи и термопомпи „въздух-въздух“ [Air-to-air air conditioners and heat pumps]. Семинар на Програмата на ООН за околната среда на тема „Управление на флуоровъглеродороди (HFC)“ [Hydrofluorocarbons (HFC) Management]. Банкок, Тайланд, април 2015 г.

http://conf.montreal-protocol.org/meeting/workshops/hfc_management-02/presentations_speakers/English/Session%202%20-%202%20-%20Colbourne%20and%20Peixoto.pptx
(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Huehren, Rolf (2015). Безопасно боравене с естествени хладилни агенти – свързани с безопасността проблеми при монтажа и поддръжката [Safe handling of natural refrigerants- safety concerns in installation and maintenance]. Семинар на тема „Щадящи климата технологични алтернативи на HCFC/HFC“, Тел Авив, Израел, май 2015.

http://www.sviva.gov.il/English/env_topics/climatechange/Mitigation/Documents/Safe%20handling%20of%20natural%20refrigerants%20-%20R%20Huehren%20-%20May%202015.pdf

(версия, актуална към 1 октомври 2015 г.)

Ricardo-AEA и Gluckman Consulting (2015a). Тема А: пречки за възприемането на алтернативи на HFC с нисък ПГЗ във връзка със стандарти, кодекси и законодателство [Topic A: Barriers to the uptake of low GWP alternatives to HFCs related to standards, codes and legislation]. Предварителни констатации от външно изследване, проведено за Генерална дирекция „Действия по климата“. 1-во заседание на консултативния форум съгласно чл. 23 от Регламент (ЕС) No. 517/2014 относно флуорсъдържащите парникови газове. Брюксел, Белгия. Септември 2015.

http://ec.europa.eu/clima/events/docs/0106/m01/ta_slides_en.pdf

(версия, актуална към 6 октомври 2015 г.)

Ricardo-AEA и Gluckman Consulting (2015b). Тема А: пречки за възприемането на алтернативи на HFC с нисък ПГЗ във връзка с липсата на обучение. Предварителни констатации от външно изследване, проведено за Генерална дирекция „Действия по климата“. 1-во заседание на консултативния форум съгласно чл. 23 от Регламент (ЕС) No. 517/2014 относно флуорсъдържащите парникови газове. Брюксел, Белгия. Септември 2015.

Брюксел, Белгия. Септември 2015.

http://ec.europa.eu/clima/events/docs/0106/m01/tb_slides_en.pdf

(версия, актуална към 6 октомври 2015 г.)

Стандарти и кодекси на добри практики

EN 378-1: Хладилни системи и термopомпи. Изисквания за безопасност и опазване на околната среда – Част 1: Основни изисквания, определения, класификация и критерии за избор

EN 378-2: Хладилни системи и термopомпи. Изисквания за безопасност и опазване на околната среда – Част 2: Проектиране, конструкция, изпитване, маркировка и документация

EN 378-3: Хладилни системи и термopомпи. Изисквания за безопасност и опазване на околната среда – Част 3: Място за монтиране и защита на хората

EN-378-4: Хладилни системи и термopомпи. Изисквания за безопасност и опазване на околната среда – Част 4: Функциониране, техническо обслужване, ремонт и регенериране

За подробен списък от приложими стандарти вж. приложението по-нататък

Институт за хладилна техника (2009 г.; преработена версия от 2015 г.). Кодекс на добри практики A1 – Хладилни агенти (HFC).

Институт за хладилна техника (2009 г.; преработена версия от 2013 г.). Кодекс на добри практики в използването на въглероден диоксид (R744/CO₂) като хладилен агент.

Институт за хладилна техника (2009 г.). Кодекс на добри практики A2 и A3 – Хладилни агенти (запалими, включително въглеводороди и HFO).

Институт за хладилна техника (2009 г.). Кодекс на добри практики за охладителни системи, при които се използва амоняк.

Интернет източници

GESTIS База данни относно химическите носители (Stoffdatenbank)

[http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$vid=gestisdeu:sdbdeu\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates$fn=default.htm$vid=gestisdeu:sdbdeu$3.0)

REAL Alternatives Europe

<http://www.realalternatives.eu/>

REAL Skills Europe

<http://www.realskillseurope.eu/>

8 Приложение

Приложими стандарти, свързани с безопасността на ХИК оборудване (източник: Heubes и колектив, 2014 г.)

Standard	Title
EN 378	Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements Part 1: Basic requirements, definitions, classification and selection criteria Part 2: Design, construction, testing, marking and documentation Part 3: Installation site and personal protection Part 4: Operation, maintenance, repair and recovery
EN 1012-1, -2	Compressors and vacuum pumps – Safety requirements Part 1 : Air compressors Part 2 : Vacuum pumps
EN 1127-1	Explosive atmospheres – Explosion prevention and protection Part 1: Basic concepts and methodology (2011)
EN 1736	Refrigerating systems and heat pumps – Flexible pipe elements, vibration isolators, expansion joints and non-metallic tubes – Requirements, design and installation
EN ISO 4126	Safety devices for protection against excessive pressure Part 1: Safety valves Part 2: Bursting disc safety devices Part 3: Safety valves and bursting disc safety devices in combination Part 4: Pilot operated safety valves Part 5: Controlled safety pressure relief systems (CSPRS) Part 6: Application, selection and installation of bursting disc safety devices Part 7: Common data
EN ISO 9001	Quality management systems – Requirements
EN ISO 12100	Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction
EN 12178	Refrigerating systems and heat pumps – Liquid level indicating devices – Requirements, testing and marking
EN 12263	Refrigerating systems and heat pumps – Safety switching devices for limiting the pressure – Requirements and tests
EN 12284	Refrigerating systems and heat pumps – Valves – Requirements, testing and marking
EN 12693	Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements – Positive displacement refrigerant compressors
EN 13136	Refrigerating systems and heat pumps – Pressure relief devices and their associated piping – Methods for calculation
EN 13313	Refrigerating systems and heat pumps – Competence of personnel
EN 13463-1, -5, -6	Non-electrical equipment for use in potentially explosive atmospheres Part 1: Basic method and requirements Part 5: Protection by constructional safety 'c' Part 6: Protection by control of ignition source 'b'
EN 13980	Potentially explosive atmospheres – Application of quality systems
EN 14276-1, -2	Pressure equipment for refrigerating systems and heat pumps Part 1: Vessels – General requirements Part 2: Piping – General requirements
EN TR 14739	Scheme for carrying out a risk assessment for flammable refrigerants in case of household refrigerators and freezers

EN 14797	Explosion venting devices
EN 14986	Design of fans working in potentially explosive atmospheres
EN 15198	Methodology for the risk assessment of non-electrical equipment and components for intended use in potentially explosive atmospheres
EN 15233	Methodology for functional safety assessment of protective systems for potentially explosive atmospheres
EN 15834	Refrigerating systems and heat pumps — Qualification of tightness of components and joints
EN 16084	Refrigerating systems and heat pumps – Qualification of tightness of components and joints
EN ISO/IEC 17020	Conformity assessment -- Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection
EN ISO /IEC 17024	Conformity assessment -- General requirements for bodies operating certification of persons
EN ISO / IEC 17025	General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
EN 50110	Operation of electrical installations Part 1: General requirements Part 2: National annexes
EN 50402	Electrical apparatus for the detection and measurement of combustible or toxic gases or vapours or of oxygen – Requirements on the functional safety of fixed gas detection system
DIN EN 60079-0, -10-1, -14, -15, -17, -19, -20-1	Explosive atmospheres Part 0: Equipment – General requirements Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres Part 14: Electrical installations design, selection and erection Part 15: Equipment protection by type of protection ‘n’ Part 17: Electrical installations inspection and maintenance Part 19: Equipment repair, overhaul and reclamation Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification – Test methods and data
DIN EN 60204-1	Safety of machinery – Electrical equipment of machines Part 1: General requirement
DIN EN 60335-1, 2-24, -2-34, -2-40, -2-89	Household and similar electrical appliances – Safety Part 1: General requirements Part 2-24: Particular requirements for refrigerating appliances, ice-cream appliances and ice makers Part 2-34: Particular requirements for motor-compressors Part 2-40: Particular requirements for electrical heat pumps, air conditioners and dehumidifiers Part 2-89: Particular requirements for commercial refrigerating appliances with an incorporated or remote refrigerant condensing unit or compressor
EN 60812	Failure Mode and Effects analysis
EN 61160	Design review
EN 62502	Analysis techniques for dependability – Event tree analysis
IEC 61882	Hazard and operability studies
ISO 817	Refrigerants – designation and system classification
ISO 5149	Mechanical refrigerating systems used for cooling and heating – Safety requirements