



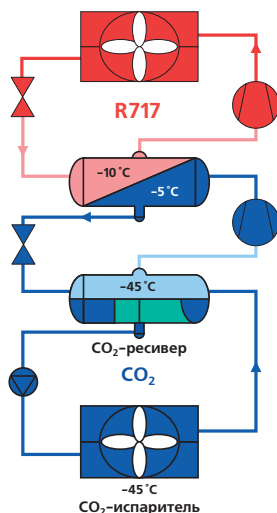
# CO<sub>2</sub> как хладагент для промышленного холода

Вопросы охраны окружающей среды и безопасности работы холодильных установок являются одними из наиболее актуальных при проектировании холодильного оборудования и выборе хладагента. Применение традиционных хладагентов ограничивается различными нормативами, причем во всем мире наблюдается тенденция к их ужесточению. В свете этого в последнее время все чаще рекомендуется использовать альтернативные хладагенты. Компания «Данфосс», являясь лидером в области средств автоматики холодильных установок, также озабочена этой проблемой. Занимаясь ее разрешением, мы выработали собственную точку зрения на преимущества и недостатки применения CO<sub>2</sub> – этого нового (или хорошо забытого старого) хладагента.

CO<sub>2</sub> принадлежит к так называемым «естественным» хладагентам, таким как аммиак, пропан, бутан или вода. У каждого из них есть свои недостатки: аммиак токсичен, пропан горюч, у воды ограниченная область применения. В отличие от них CO<sub>2</sub> не токсичен и не горюч, хотя его влияние на окружающую среду не однозначно. С одной стороны, CO<sub>2</sub> содержится в воздухе и необходим для протекания жизненных процессов. С другой стороны, считается, что большая концентрация углекислоты в воздухе и есть одна из причин глобального потепления.

Инициатива вернуться к использованию CO<sub>2</sub> принадлежит скандинавским странам, в частности Дании. Законы в Дании серьезно ограничивают использование хладагентов HFC и HCFC и в перспективе предусматривают полный отказ от них. В качестве хладагента для промышленных установок традиционно применяется аммиак, но его количество в системе сильно ограничено. Это не является проблемой для холодильных установок, работающих на высокие и средние температуры (до -15/-25°C), где количество аммиака можно сократить за счет применения вторичного хладоносителя. Но для более низких температур применение вторичного хладоносителя неэффективно из-за больших потерь на разнице температур, в этом случае имеет смысл в качестве хладагента использовать CO<sub>2</sub>.

Основным ограничением при работе на CO<sub>2</sub> является высокое рабочее давление. Так, температура «конденсации» равная 40°C соответствует давлению 85 бар. При этом о конденсации можно говорить достаточно условно, т.к. эта точка лежит выше критической. Поэтому практическое применение в промышленных холодильных установках нашли каскадные циклы (рис. 1), где на верхней ступени в качестве хладагента используется аммиак, а на нижней – CO<sub>2</sub>. Давление углекислоты в этом случае ниже, чем в закритическом цикле. Однако при этом следует учитывать два важных фактора:



**Рисунок 1**  
Схема каскадной холодильной установки NH<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub>

## 1. Рост давления в системе во время простоя холодильной установки

Для того чтобы его избежать, есть несколько способов:

- для поддержания давления в холодильной установке на приемлемом уровне можно использовать дополнительную небольшую холодильную машину
- установить в системе расширительный сосуд, достаточный для компенсации роста давления в системе при простое
- разрабатывать систему таким образом, чтобы она могла выдерживать стояночное давление (давление насыщенных паров при комнатной температуре) около 80 бар.

Как показывает практика, оптимальным решением для промышленных холодильных установок является использование небольшой холодильной системы для охлаждения жидкого CO<sub>2</sub>.

## 2. Давление оттайки в системе CO<sub>2</sub>

В установках с CO<sub>2</sub> могут применяться различные способы оттайки: естественная, водой, электрическая или горячими парами CO<sub>2</sub>. Наиболее эффективным способом оттайки является оттайка горячими парами, но при этом возрастают требования к максимально допустимому давлению в системе. Тем не менее в настоящее время при работе с CO<sub>2</sub>, используются разные виды оттайки в зависимости от установки, в которой он применяется.

Рабочие давления и давления испытания различных компонентов компании «Данфосс» приведены в таблице 1.

Размеры компонентов (труб, трубопроводной арматуры и элементов автоматики) на газовых линиях в холодильной установке на CO<sub>2</sub> заметно меньше, чем в установках с традиционными хладагентами, в то время как компоненты жидкостных линий по размеру такие же или немного больше. Например, для установки холодопроизводительностью 250 кВт при температуре кипения – 40°C диаметр всасывающей трубы на аммиаке составляет 125 мм, а на CO<sub>2</sub> – только 65 мм! При этом диаметры труб жидкого хладагента после линейного ресивера будут соответственно 32 и 65 мм.

Из-за термодинамических свойств CO<sub>2</sub>, в частности относительно высокого давления, производительность компрессоров на углекислоте гораздо выше, чем на аммиаке.

Совместимость с различными материалами у CO<sub>2</sub> гораздо лучше, чем у аммиака. Так, при работе на CO<sub>2</sub> нет никаких ограничений по использованию деталей из латуни или меди. Компания «Данфосс» проводила множество испытаний, чтобы убедиться, что все материалы, предназначенные для работы с CO<sub>2</sub>, пригодны для этой цели со всех точек зрения.

Вода в системах с CO<sub>2</sub> может создать довольно серьезные проблемы. При взаимодействии с CO<sub>2</sub> вода образует угольную кислоту, которая разъедает трубы. Несмотря на то, что давление в системе с CO<sub>2</sub> намного выше атмосферного, вода может проникать внутрь одним из следующих способов:

- вместе с хладагентом при заправке (зависит от степени сухости CO<sub>2</sub>)
- через сальники за счет разности парциального давления
- при замене вставок фильтров. Это особенно важно учитывать, ведь CO<sub>2</sub> считается безопасным хладагентом, поэтому при проведении работ по техническому

обслуживанию не предусмотрены строгие меры предосторожности

- при заправке масла в компрессор.

Максимально допустимое количество воды в системе CO<sub>2</sub> меньше, чем в системах с другими применяемыми сегодня хладагентами (рис. 2). Если содержание воды превысит точку росы, и температура в системе будет ниже 0°C, вода будет замерзать, что приведет к осложнениям (в частности, будут забиваться пилотные каналы регулирующих устройств, например клапанов PM). Вода легко может быть удалена из системы при помощи стандартных фильтров осушителей DC/DM, эффективность работы которых на CO<sub>2</sub> очень высока. Для контроля влажности также можно применять стандартные смотровые глазки серии SG, испытанные на более высокое рабочее давление.

В настоящий момент подразделение промышленного холода компании «Данфосс» занимается разработкой автоматики и запорной арматуры для работы с CO<sub>2</sub>. Промышленные холодильные клапаны компании «Данфосс» уже использовались для этой цели в течение 15 лет в холодильных установках, технологических системах и системах пожаротушения, давление в которых не превышает 25 бар.

В последние годы «Данфосс» поставляет промышленные холодильные клапаны для систем с CO<sub>2</sub>, работающих при давлениях до 50 бар. В настоящее время компания «Данфосс» готова предложить практически полную линейку средств автоматизации для установок, использующих CO<sub>2</sub>. Многие из этих компонентов по сути – модифицированные

стандартные устройства (основные изменения коснулись уплотнительных материалов и давлений испытаний на прочность и плотность), некоторые (например, катушки соленоидных клапанов) были специально разработаны для систем, где роль хладагента выполняет CO<sub>2</sub>.



Рисунок 2 Смотровой глазок Danfoss тип SGN для CO<sub>2</sub>

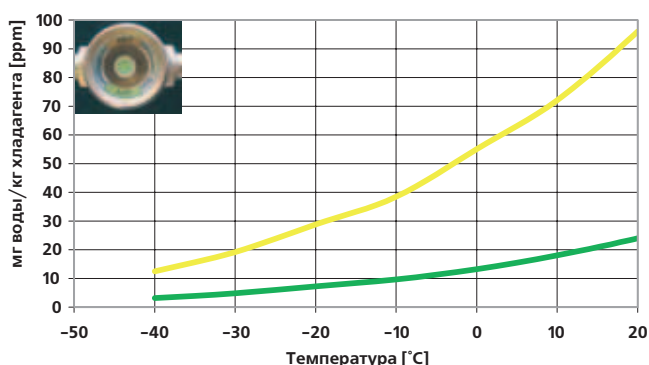


Таблица 1

Промышленная автоматика Danfoss Компоненты высокого давления		DN	Давление 25 бар	Давление 40 бар	Давление 50 бар
Регуляторы уровня	PMFL, PMFH	5-65			
Главные клапаны	PM1, PM3, PML, PMLX	5-65			
Пилотные клапаны	EVM				
	другие				
Моторный регулирующий клапан	MRV	5-65			
Моторный расширительный клапан	MEV	5-65			
Поплавковые регуляторы	HFI	100-150			
	SV				
Запорные клапаны	SVA	10-200			
	SVA	250-300			
Регулирующие клапаны	REG	15-65			
Обратно-запорные клапаны	SCA	15-125			
Газорегулируемый клапан	GPLX	80-125			
Предохранительные и перепускные клапаны	SFV	15-25			
	BSV	8			
	DSV 1, DSV 2	20-32			
	POV	40-80			
Фильтры	FIA	15-200			
Обратные клапаны	NRVA	15-65			
	NRVS	20-32			
	CHV	15-40			
Соленоидные клапаны	EVRA	10-40		*	
	EVRS	10-25		*	*
Электронный расширительный клапан	AKVA	15-40		*	
Датчик уровня	AKS 41				
Фильтр-осушитель	DML		42 бар		
Смотровое стекло	SGN		35 бар		

Все продукты одобрены ЕС.



Компоненты подходят для CO<sub>2</sub> в стандартном исполнении.

Компоненты подходят для CO<sub>2</sub> для давления 40 или 50 бар.

\* Продукт должен быть произведен в специальной версии (изменение конструкции, более высокое давление при тестировании, маркировка и документация).

#### ЗАО «Данфосс»

127018, Москва,  
ул. Полковная, 13  
Тел.: (095) 792-5757  
Факс: (095) 792-5760  
E-mail: info@danfoss.ru  
Internet: www.danfoss.ru

#### Филиал

197342, Санкт-Петербург,  
ул. Торжковская, 5,  
офис 525  
Тел.: (812) 327-8788  
(812) 324-4012  
Факс: (095) 327-8782  
E-mail: Pavlov\_V@danfoss.ru

#### Филиал

344006, Ростов-на-Дону,  
проспект Соколова, 29,  
офис 7  
Тел.: (8632) 92-32-95  
E-mail: Komarov@danfoss.ru

#### Филиал

620014, Екатеринбург,  
ул. Антона Валека, 15,  
офис 509  
Тел./факс: (3432) 65-83-96  
E-mail: Holodov@danfoss.ru

#### Филиал

690087, Приморский край,  
г. Владивосток,  
ул. Котельникова, 2  
Тел./факс: (4232) 20-45-10  
E-mail: Yuferov@danfoss.ru