



## Будущее новых хладагентов с низким потенциалом глобального потепления начинается сегодня

**Иоахим ГЕРШТЕЛЬ,**  
менеджер программы роста  
в Европе подразделения  
«Дюпон Хладагенты»

Снижение воздействия на окружающую среду вызывает растущий интерес у владельцев торгового холодильного оборудования в ЕС и на рынках всего мира. Прежде всего для любого владельца такого оборудования первоочередным фактором с точки зрения затрат и экологической безопасности является устранение утечек хладагентов. При этом появляются новые технологии, которые могут помочь владельцам существенно снизить общие выбросы углерода в окружающую среду. В настоящей статье рассматриваются вопросы выбора хладагентов, проектирования оборудования с точки зрения уменьшения их воздействия на окружающую среду.

Благодаря высокой эффективности в низкотемпературном диапазоне самое широкое распространение в холодильном оборудовании как для охлаждения, так и для заморозки пищевых продуктов получил хладагент R404A. Однако по сравнению с другими хладагентами, имеющимися в настоящее время на рынке, R404A во многих странах менее энергоэффективен

\* Данные взяты из четвертого оценочного отчета (AR4) IPCC (Межправительственной группы экспертов по изменению климата) за 2007 г.

при среднетемпературном применении и обладает очень высоким потенциалом глобального потепления ( $GWP = 3922^*$ ).

Сейчас все больше компаний в некоторых сегментах розничной торговли пищевыми продуктами в Европе приходят к единодушному мнению о том, что настало время перейти от R404A к более экологически безопасным хладагентам. Международная индустрия розничной торговли оценивает различные хладагенты и оборудование для такого перехода. Имеющиеся варианты обеспечивают различные уровни снижения воздействия на окружающую среду при применении новых схем холодильных систем.

Все шире TEWI (общий эквивалент глобального потепления) признается как простое средство измерения экологического воздействия холодильной системы на климат. Более низкий TEWI означает и пониженное воздействие на окружающую среду. Этот показатель состоит из двух основных составляющих: прямого воздействия на окружающую среду утечек хладагента из системы (здесь важную роль играет GWP хладагента) и косвенного воздействия, обусловленного потреблением энергии при эксплуатации системы (на косвенную составляющую TEWI влияет энергоэффективность).

### Варианты замены R404A в холодильных установках для розничной торговли

Существуют две завоевавшие известность в ЕС возможности ухода от традиционных систем непосредственного охлаждения на R404A:

- ✓ замена R404A хладагентом с более низким GWP при той же конфигурации холодильной системы;
- ✓ применение каскадной (гибридной) системы с двумя различными хладагентами.

### Хладагент с более низким GWP при той же конфигурации оборудования

Для прямой замены R404A в существующих системах непосредственного охлаждения предлагаются CO<sub>2</sub>, углеводороды и R134a. На практике CO<sub>2</sub> и углеводороды не лучшим образом соответствуют данной области применения, поскольку они требуют определенных технических компромиссов, ограничивающих их применение и универсальность. Так, CO<sub>2</sub> малоэффективен при высокой температуре конденсации, а углеводороды легко воспламеняются, т.е. применимы только в системах с очень небольшой заправкой.

В среднетемпературных холодильных системах, применяемых, в частности, для охлаждения пищевых продуктов при временном хранении и выклад-

ке, перспективной альтернативой R404A является R134a. Его GWP равен 1430, он имеет хороший холодильный коэффициент (на 5–10 % выше, чем у R404A). Но R134a нельзя назвать предпочтительным хладагентом для низкотемпературного применения.

### Каскадные (гибридные) системы на хладагентах с пониженным GWP

Многие европейские магазины и супермаркеты приняли на вооружение каскадные холодильные системы с R134a для среднетемпературного охлаждения и CO<sub>2</sub> – для низкотемпературного (рис. 1). Было определено\*, что умеренно повышенные инвестиции в эти системы окупаются менее чем за 5 лет.

В результате сравнения показателей TEWI различных холодильных систем (рис. 2) в условиях типичного супермаркета (табл. 1) за 15-летний период установлено, что каскадная система R134a/CO<sub>2</sub> оказывает самое низкое воздействие на окружающую среду по сравнению с другими технологическими вариантами, на треть ниже, чем действующие сегодня системы непосредственного охлаждения с R404A. Повышенная энергоэффективность системы R134a/CO<sub>2</sub> выливается в существенное снижение энергопотребления, т.е. сокращение эксплуатационных расходов.

### Дальнейшие разработки: новая альтернатива хладагенту R134a с низким GWP для среднетемпературного охлаждения

На выставке Chillventa 2010 впервые был представлен хладагент Ортеон™ XP10. Это азеотропная смесь для торговых холодильных систем на базе HFO1234yf. Его GWP (около

\* <http://www.info-tour.de/handout.html>

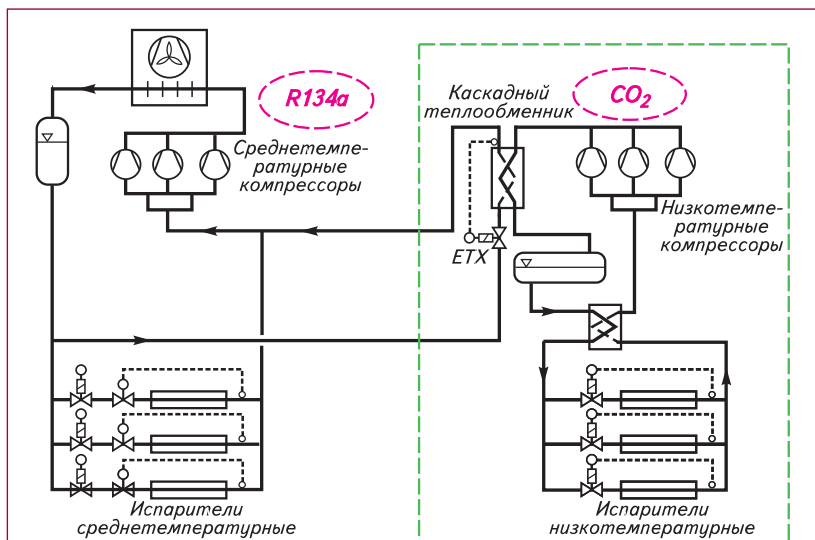


Рис. 1. Блок-схема каскадной системы компании Bitzer

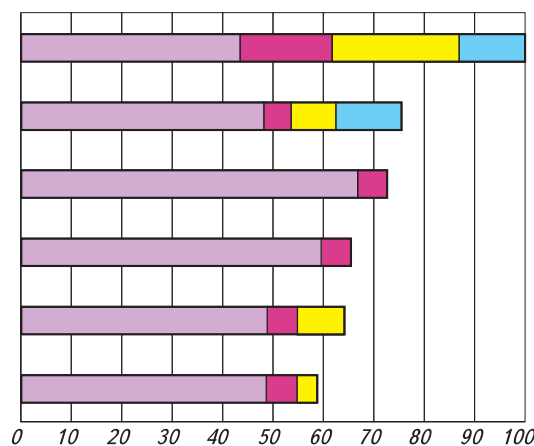


Рис. 2. TEWI для различных систем холодоснабжения (в % относительно системы непосредственного охлаждения на R404A (сверху вниз): базовая система на R404A; каскадная система R134a/R404A; система на CO<sub>2</sub> (Южная Европа); система на CO<sub>2</sub> (Северная Европа); каскадная система R134a/CO<sub>2</sub>; каскадная система XP10/CO<sub>2</sub>

Доля TEWI, связанная с потреблением энергии: светло-лиловый – в среднетемпературном контуре; малиновый – в низкотемпературном контуре; доля TEWI, приходящаяся на утечки: желтый – в среднетемпературном контуре, голубой – в низкотемпературном контуре

Таблица 1  
Условия холодоснабжения в типичном европейском супермаркете, принятые для расчета показателей TEWI (рис. 2)

Показатели	Среднетемпературный контур ( $t_0 = -10\text{ }^\circ\text{C}$ , $t_k = +40\text{ }^\circ\text{C}$ , $t_{\text{перегр}} = 10\text{ }^\circ\text{C}$ , $\Delta t_{\text{переход}} = 6\text{ K}$ )	Низкотемпературный контур ( $t_0 = -35\text{ }^\circ\text{C}$ , $t_k = +40\text{ }^\circ\text{C}$ , $t_{\text{перегр}} = -15\text{ }^\circ\text{C}$ , $\Delta t_{\text{переход}} = 6\text{ K}$ )
	<b>Компрессор:</b>	
холодопроизводительность, кВт	75	20
время работы, %	55	85
проектный индивидуальный КПД	0,7	0,7
<b>Хладагент:</b>		
заправка, кг	200	100
объем утечек*, %/год	15	15
восполнение за 15 лет, %	80	80
Ожидаемый срок эксплуатации системы 15 лет. Выброс CO <sub>2</sub> при генерировании электроэнергии – 0,616 кг CO <sub>2</sub> /(кВт·ч).		
* Включает утечки и непреднамеренные сливы независимо от выбранного хладагента.		

600) значительно ниже, чем у R134a (1430). Его удобно заправлять в существующее оборудование вместо R134a, так как термодинамические характеристики этих веществ очень сходны. XP10 можно использовать в верхней (среднетемпературной) ветви каскадной холодильной установки.

«Дюпон» уже провел комплексные испытания нового хладагента на термодинамические свойства, воспламеняемость и совместимость с материалами уплотнений в своих лабораториях. В настоящее время компания в тесном сотрудничестве с производителями оборудования, инженерами, поставщиками систем и конечными пользователями проводит производственные испытания для оценки параметров Orteon™ XP10 в реальных эксплуатационных условиях.

### Успешные лабораторные испытания [2]

Во время первых испытаний в лабораторных условиях компания ТЕКО перевела одну из своих опытных установок для супермаркетов на Orteon™ XP10. Система охлаждения обеспечивала холодом четырех среднетемпературных потребителей, а также холодильную камеру. Тепловая нагрузка составляла примерно 15 кВт.

Сравнение данных, зафиксированных до и после перевода системы с R134a на Orteon™ XP10, показало, что при аналогичных условиях эксплуатации (при одинаковом перегреве на всасывании) максимальная холодопроизводительность компрессора была на 18 % выше, чем при применении R134a (табл. 2).

### Успешная установка в Германии

Исходя из успешных лабораторных результатов, среднетемпературное холодильное оборудование в одном из супермаркетов было переведено на Orteon™ XP10.

Холодильный агрегат, включающий два полугерметичных поршневых компрессора, имеет холодопроизводительность 31 кВт. Он обеспечивает холодом 7 холодильных шкафов для охлаждения молочных продуктов (+4 °C), один шкаф для охлаждения свежего мяса (+1 °C) и холодильную камеру (+4 °C). Заправка хладагента составляет 70 кг. Перегрев при применении Orteon™ XP10 был примерно на 3 К выше, чем на R134a. Для достижения необходимых рабочих параметров был отрегулирован только терморегулирующий вентиль, все остальные узлы замены не требовали.

Первые результаты испытаний хладагента Orteon™ XP10 в Австралии, Австрии, Германии и Нидерландах вселяют оптимизм, обеспечивая снижение общей стоимости владения по сравнению с существующими традиционными системами. В дальнейшем будут опубликованы подробные данные о результатах этих испытаний.

### Заключение

Для замены R404A и снижения общего воздействия холодильных систем розничной торговли на окружающую среду появился целый ряд новых хладагентов и схем холодильных систем. Многие владельцы магазинов розничной торговли приходят к выводу о том, что лучшей заменой систем на R404A для торгового оборудования являются каскадные системы, где R134a работает в верхней ветви (среднетемпературные режимы), а CO<sub>2</sub> — в нижней (низкотемпературные режимы). Эта конфигурация потенциально может стать стандартом для установок в супермаркетах, обеспечивая преимущества, которые может дать стандартизация оборудования с точки зрения обучения обслуживающего персонала. Такая конфигурация позволит в будущем легко заменить R134a новыми хладагентами с пониженным GWP, разрабатываемыми в настоящее время.

Таблица 2

Сравнение параметров систем на R134a и Orteon™ XP10 (холодопроизводительность  $Q_0 = const$  при температуре в помещении 22 °C и относительной влажности около 50%; температура конденсации  $t_k = 30$  °C,  $\Delta t_{перегр} = 3$  К)

Параметры	Хладагент	
	R134a	Orteon™ XP10
Температура кипения $t_0$ , °C	-9,3	-8,9
Перегрев на всасывании компрессора $\Delta t_{перегр}$ , К	8	8
Потребляемая компрессором мощность $N_e$ , кВт	4,72	4,87
Температура нагнетания компрессора, °C	85,5	81,5
Массовый расход, % к базовому	Базовый	+10
Холодопроизводительность, % к базовой	"	+18

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ринн Ф., Майнор Б., Салем К. Гибридная система для супермаркетов с применением хладагентов с низким ППП// Материалы 23-го Международного конгресса по холодильной технике. Чехия, Прага, 16–21 августа 2011 г.
2. Gerstel J., Rinne F., Wirsching A. Kaskadenanlagen mit XP10 und CO<sub>2</sub>// Die Kaulte- und Klimatechnik, 2011, 5.