

Холодильные установки супермаркетов на природных хладагентах

Влияние хлорфторуглеродных хладагентов на потепление климата стало в последние годы серьезно беспокоить как ученых, так и государственных чиновников в разных странах мира.

Основными направлениями решения этой проблемы в настоящее время являются мероприятия, направленные на снижение утечек хладагента из систем холодоснабжения, уменьшение его объема в системе, а также постепенный перевод холодильного оборудования на работу с такими природными хладагентами, как аммиак, углеводороды, диоксид углерода.

В этом обзоре кратко освещены различные аспекты использования этих хладагентов в системах холодоснабжения супермаркетов.

За последние два года в зарубежной печати резко возросло число публикаций, рассказывающих о разработках коммерческого холодильного оборудования на аммиаке, углеводородах и CO_2 . На крупных специализированных выставках также появляется все больше серийной продукции для таких хладагентов. Это свидетельствует о том, что в ближайшие годы холодильному оборудованию на традиционных хладагентах придется потесниться, по крайней мере, в европейских странах.

Немаловажным доводом в пользу перехода на природные хладагенты служит их низкая цена по сравнению с хлорфторуглеродами, но самым важным фактором является экологическая безопасность. Экологические свойства R404A и альтернативных ему природных хладагентов приведены в таблице.

Начиная с 1994 г. только фирмой Linde были оснащены в различных европейских странах аммиачными и пропиленовыми холодильными установками около 80 супермаркетов. При этом практически всюду использовались схемы с двумя промежуточными контурами, обеспечивающими минимальное количество хладагента в системе. Первый промежуточный контур с циркулирующим в нем теплоносителем отводит

тепло от конденсатора к сухому охладителю (драйкулеру), а второй контур посредством промежуточного хладоносителя гидравлически связывает испаритель с конечными потребителями холода.

В коммерческих холодильных установках на природных хладагентах применяют открытые поршневые и винтовые компрессоры, а в качестве испарителей – кожухотрубные теплообменники с непосредственным кипением хладагента или затопленные пластинчатые теплообменники. В среднетемпературных холодильных установках в промежуточных контурах используют водогликолиевые смеси или растворы органических солей, а в низкотемпературных установках наряду с растворами органических солей – иногда и диоксид углерода.

Далее приведены обобщенные результаты практического применения в европейских супермаркетах холодильных установок на природных хладагентах.

Аммиачные холодильные установки составляют большинство всех смонтированных в европейских супермаркетах холодильных установок на природных хладагентах. Потребная холодопроизводительность среднетемпературного оборудования этих супермаркетов укладывается в диапазон 80...400 кВт, низкотемпературного – 20...80 кВт. Вследствие высоких температур нагнетания аммиака в низкотемпературной области обычно применяют двухступенчатое сжатие. Практически везде используют многокомпрессорные установки на базе поршневых компрессоров. Многолетний опыт эксплуатации показывает, что проблем с безопасностью эксплуатации такого оборудования в супермаркетах не возникает, хотя многие супермаркеты с аммиачными установками располагаются в центре крупных городов.

В ряде ранних публикаций была отмечена проблема, связанная с нерастворимостью масел в аммиаке, но в дальнейшем она была полностью решена.

Начальные затраты на оснащение супермаркетов аммиачными холодильными установками с промежуточными контурами, естественно, на 20–35 % выше затрат на оборудование того же супермаркета холодильной установкой непосредственного кипения на R404A. Кроме того, расход энергии при эксплуатации аммиачных холодильных установок на 10–20 % выше, чем при работе

Хладагент	ODP	GWP	Токсичность	Горючесть	Давление, бар, при температуре кипения, °C		
					-35	-10	+45
R404A	0	3260	Нет	Нет	1,7	4,4	20,5
NH_3	0	0	Да	Да	0,9	2,9	17,8
C_3H_6	0	3	Нет	Да	1,7	4,3	18,4
CO_2	0	1	Нет (до 5 об. %)	Нет	12,0	26,5	Сверхкритическое

установок такой же холодопроизводительности на R404A. Это объясняется дополнительными затратами энергии на привод гидравлических насосов, прокачивающих теплоносители, и на привод компрессора (вследствие использования промежуточных теплообменников).

Пропиленовые холодильные установки. В публикациях компании Linde [1] упоминается о 17 супермаркетах в 4 различных европейских странах, где начиная с 1996 г. работают холодильные установки, использующие в качестве хладагента пропилен. Холодопроизводительность на этом хладагенте среднетемпературных установок составляет 20...190 кВт, низкотемпературных – 10...50 кВт, т.е. она ниже, чем у аммиачных. Некоторым преимуществом пропилена как хладагента является возможность использования большой номенклатуры холодильной аппаратуры, предназначенной для традиционных хладагентов.

Схемы холодильных установок для супермаркетов на пропилене и аммиаке аналогичны (имеют промежуточные контуры для отвода тепла от конденсатора и для подвода холода к потребителям). Однако в низкотемпературных холодильных установках на пропилене можно применять полугерметичные компрессоры с одноступенчатым сжатием. В качестве испарителей используют кожухотрубные или пластинчатые теплообменники с непосредственным кипением хладагента. Для промежуточных контуров пропиленовых холодильных установок применимы те же вещества, что и для аммиачных.

При эксплуатации холодильных установок с углеводородными хладагентами важнейшим требованием является соблюдение правил техники безопасности. Эти правила представлены в проекте стандарта DIN 7003. Главные из них таковы:

- все электрические приборы должны иметь минимальный класс защиты IP 54, при срабатывании их исполнительных элементов искрение не допускается;
- машинные залы, где размещают холодильные установки на пропилене, должны иметь хорошую приточно-вытяжную вентиляцию (подробные нормы воздухообмена указаны в этом документе);
- помещения, в которые теоретически возможна утечка хладагента,

должны быть в обязательном порядке оборудованы системой контроля с индикаторами концентрации пропилена;

- весь обслуживающий персонал пропиленовых холодильных установок должен пройти специальные курсы и иметь допуск к работе на таком оборудовании.

Многие проблемы безопасности эксплуатации пропиленовых холодильных установок снимаются, если установка смонтирована вне помещения. В этом случае можно использовать конденсатор воздушного охлаждения, что снижает начальную стоимость и энергопотребление (отпадает необходимость в промежуточном контуре для отвода тепла от конденсатора).

Многолетний опыт эксплуатации пропиленовых холодильных установок в Европе показал, что при выполнении требований DIN 7003 они зарекомендовали себя как очень надежные и безопасные. Несмотря на это, во многих странах достаточно сложно получить необходимые разрешения на использование в супермаркетах пропиленовых холодильных установок из-за неуверенности местных властей в их надежности и несоответствия местных нормативных разрешительных документов современному уровню безопасности холодильного оборудования.

Инвестиционные затраты на оснащение супермаркетов пропиленовыми холодильными установками на

15–25 % выше, чем при использовании традиционных фреоновых, из-за дополнительных затрат на монтаж и эксплуатацию промежуточных контуров, а также на выполнение требований техники безопасности. Энергопотребление таких установок тоже будет выше на 5–20 %. Снизить стоимость и энергопотребление пропиленовых установок можно, если размещать их вне помещений.

Холодильные установки на CO₂ для супермаркетов позволяют наряду с экологической решить и другие проблемы, характерные для аммиачных и пропиленовых холодильных установок. Поскольку CO₂ нетоксичен



Рис. 1. Многокомпрессорная низкотемпературная установка на CO₂



Рис. 2. Охлаждение витрин супермаркета хладагентом CO₂

чен, можно отказаться от промежуточных контуров, что существенно повышает экономическую эффективность холодильной установки.

В Европе холодильные установки на CO_2 появляются все чаще. За последние два года только фирмой Linde 10 супермаркетов были оборудованы низкотемпературными холодильными каскадными установками, в которых в низкотемпературной ветви используется CO_2 . Потребная холодопроизводительность этих установок составляла 15...80 кВт. При этом среднетемпературная ветвь чаще работает на R404A, но иногда может быть применен и аммиак.

Как хладагент диоксид углерода отличается хорошей совместимостью с цветными металлами, из которых изготовлены холодильная арматура и ряд узлов полугерметичных компрессоров. Компрессоры на CO_2 серийно производятся, например, фирмами Dorin [2] или Wock [3]. По некоторым публикациям для работы на этом хладагенте могут быть модернизированы фреоновые компрессоры.

Компрессоры на диоксиде углерода должны выдерживать более высокие рабочие давления (25...40 бар) и иметь большую мощность привода, чем фреоновые компрессоры той же объемной производительности. Система смазки подшипников скольжения также должна быть модифицирована, поскольку большие перепады давлений обуславливают относительно высокую растворимость CO_2 в полиэфирных маслах. С другой стороны, хорошая растворимость обеспечивает гарантированный возврат масла из разветвленных трубопроводов в картер компрессора.

Содержание влаги в CO_2 надежно ограничивается применяемыми фильтрами-осушителями и контролируется с помощью индикаторов. В холодильных установках на CO_2 часто используют электронные ТРВ.

На рис. 1 представлена очень компактная многокомпрессорная низкотемпературная установка, работающая на CO_2 , объемная производительность которой примерно в 6 раз выше, чем была бы на R404A. Номинальные диаметры всасывающего трубопровода в 3-4 раза, а жидкостного трубопровода в 2 раза меньше, чем у установки на R404A.

Следовательно, намного меньше объем хладагента в системе и ниже затраты на изоляцию труб и агрегатов. Кроме того, большим преимуществом трубопроводов малых диаметров является удобство их компоновки при размещении холодильного оборудования в торговых залах.

На рис. 2 показана часть торгового зала одного из европейских супермаркетов, в котором охлаждение витрин осуществляется CO_2 .

С точки зрения безопасности по немецкому стандарту DIN EN 378 хладагенты R404A и R744 (CO_2) находятся в одной группе и относятся к негорючим малотоксичным газам. Поскольку CO_2 при объемной концентрации свыше 3-5 % считается вредным для здоровья, все холодильные камеры и машинные отделения с оборудованием, работающим на этом хладагенте, должны в обязательном порядке иметь приборы, сигнализирующие о превышении допустимой концентрации. В случае крупного ремонта холодильной установки CO_2 должен стравливаться наружу через отдельную выпускную магистраль. Воздействие CO_2 на парниковый эффект довольно незначительно: 100 кг этого газа эквивалентны в этом отношении 30 г R404A. Низкая стоимость CO_2 и небольшой объем заправляемого газа позволяют снизить стоимость начальных инвестиций и ремонтных работ.

Если сравнивать начальные затраты, то холодильный контур на CO_2 с непосредственным кипением хладагента имеет преимущества перед таким же контуром на R404A благодаря использованию компрессоров меньших типоразмеров, а также труб и изоляции меньших диаметров. Однако этот выигрыш в цене сводится на нет дополнительными затратами на доработку компрессора и других элементов системы под более высокие рабочие давления, а также на установку в камере и машинном отделении системы безопасности. В результате начальная стоимость оснащения супермаркета холодильными установками на CO_2 и R404A практически одинакова. Расход электроэнергии при эксплуатации холодильной системы, использующей CO_2 , не выше, чем аналогичной системы на R404A. Это объясняется следующими причинами.

Благодаря лучшим теплофизичес-

ким свойствам CO_2 по сравнению с R404A увеличивается теплоотдача в испарителях, что позволяет повысить температуру кипения в теплообменниках камер и витрин на 2 °С. Кроме того, вследствие более высоких рабочих давлений CO_2 уменьшаются потери давления во всасывающем трубопроводе и компрессор может работать с более высоким давлением всасывания, что компенсирует некоторую потерю эффективности при использовании каскадной схемы.

Зарубежный опыт эксплуатации холодильных установок на природных хладагентах показал перспективность оснащения ими супермаркетов с точки зрения экологии. Однако при использовании холодильного оборудования, работающего на аммиаке или пропилене, необходимо учитывать его более высокие начальную стоимость и последующие эксплуатационные расходы. При согласовании проектов супермаркетов с такими системами холодоснабжения в различных инстанциях как в Европе, так и в России часто возникают дополнительные трудности, что также надо заранее иметь в виду.

В ближайшем будущем хорошие шансы на использование в качестве хладагента в низкотемпературных ветвях каскадных холодильных установок имеет диоксид углерода. В области средних температур применение CO_2 в коммерческом холоде не предвидится из-за очень высокого давления (свыше 100 бар) и работы в сверхкритической области. Поэтому, чтобы удовлетворить требования экологов при проектировании среднетемпературных холодильных установок на традиционных хладагентах, необходимо стремиться к минимизации объема заправляемого хладагента и к снижению его возможных утечек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haaf S., Heinbokel B. Supermarktkaelteanlagen mit natuerlichen Kaeltemittel// Die Kaelte&Klimatechnik. 2002. № 9.
2. Massimo Casini. CO_2 -Verdichter und-Ausruestungen, Anwendung und Verfuegbarkeit// Die Kaelte&Klimatechnik. 2002. № 10.
3. IKK 2002 in Nuernberg // Kaelte Klima Aktuell. 2002. № 5.

К.А. КОПТЕЛОВ