

# Промышленное применение природных хладагентов

## **«БОЛЬШАЯ ПЯТЁРКА» ПРИРОДНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ.**

Компания Маекава была основана в 1924 году и в настоящий момент является одной из крупнейших мировых компаний в области промышленного холода. Наша компания активно продвигает идею использования «ПЯТИ ПРИРОДНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ», которые включают в себя аммиак, CO<sub>2</sub>, углеводородные газы, воздух и воду. Выпуском аммиачных компрессоров Маекава занимается на протяжении более чем 85 лет, а оборудованием для углеводородов и CO<sub>2</sub> – более 40 лет.

Ниже будут представлены варианты технических решений на основе промышленного использования «ПЯТИ ПРИРОДНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ» в разных температурных диапазонах – от криогеники, заморозки и охлаждения до кондиционирования воздуха и отопления.

## ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ



### **«NEWTON 3000» (Применение NH<sub>3</sub> в качестве компримируемого хладагента + использование CO<sub>2</sub> в качестве вторичного теплоносителя)**

«NEWTON3000» - это холодильная машина, разработанная компанией Mayekawa специально для холодильных складов промышленного назначения. В данной машине применяется полугерметичный двухступенчатый винтовой компрессор компаундного типа с приводом от электродвигателя с интеллектуальным силовым модулем (IPM).

При разработке данной холодильной машины преследовались следующие цели:

- Высокий холодильный коэффициент.
- Малый объём заправки аммиаком (благодаря методу прямого расширения (DX), а также использованию CO<sub>2</sub> в качестве вторичного теплоносителя).
- Минимизация утечек (благодаря использованию полугерметичного электродвигателя)

На слайде Вы можете видеть компактный «NEWTON3000», который состоит из полугерметичного блока компрессор-электродвигатель, установленного на конденсаторе аммиака, а также из маслоотделителя, каскадного испарителя NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub>, ресивера CO<sub>2</sub>, панели управления и других элементов.

Применение электродвигателя с интеллектуальным силовым модулем (IPM) имеет следующие плюсы:

- Улучшение КПД на 5...10%.
- Уменьшение габаритов на 40%.
- Возможность работы с высокой частотой вращения.

В качестве конкретного объекта мы приводим Пищевой Логистический Центр в Японии, где установлены холодильные машины «NEWTON3000», охлаждающие теплоноситель-CO<sub>2</sub> до минус 30°C за счёт кипения аммиака при минус 34°C.

Анализ данного примера показывает, что после внедрения «NEWTON3000» потребление электроэнергии и эмиссия CO<sub>2</sub> на данном объекте сократились на 30% по сравнению традиционной системой.

## **ОХЛАЖДЕНИЕ МЕТОДОМ КОМПРИМИРОВАНИЯ NH<sub>3</sub>**

Вашему вниманию представлен обзор наиболее часто применяющихся поршневых и винтовых компрессоров с указанием их описанного объёма, который составляет 15...1.300 м<sup>3</sup>/час для поршневых компрессором и 200...15.600 м<sup>3</sup>/час для винтовых компрессоров.

На странице 13 Вы можете видеть холодильный склад продуктов питания во Франции с объёмом хранения 80.000 м<sup>3</sup>, где на участке заморозки применяется система NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub>, в которой CO<sub>2</sub> выполняет функцию вторичного теплоносителя. Данная система вырабатывает CO<sub>2</sub> с температурой минус 30°С в объёме 1200 кВт. К настоящему моменту холодильные машины наработали уже порядка 30.000 моточасов.

Четыре компаундных винтовых компрессора MYCOM с индивидуальными контурами NH<sub>3</sub> соединяются каждый со своим каскадным испарителем NH<sub>3</sub>, одновременно являющимся также конденсатором CO<sub>2</sub>. Каскадные испарители-конденсаторы установлены над общим ресивером CO<sub>2</sub> и жидкостными насосами. Электродвигатели компрессоров оборудованы системой регулирования частоты вращения. Применение кожухопластинчатых теплообменников обеспечивает минимально возможные объёмы заправки аммиаком.

На странице 14 представлены фотографии с фабрики мороженого, где в системе холодоснабжения эксплуатируются высокомошные компаундные компрессоры MYCOM, обеспечивающие 3450 кВт холода при температуре кипения аммиака минус 42°С. Данные агрегаты были установлены в 2003 г., и к настоящему моменту имеют наработку около 28.000 моточасов.

## **АММИАЧНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ**

Аммиачные тепловые насосы изготавливаются с применением компрессоров высокого давления, для обеспечения более высоких температур теплоносителя на выходе.

Поршневой компрессор модели N6HK имеет максимальное рабочее давление 50 бар и описанный объём в диапазоне от 120 до 200 м<sup>3</sup>/час – точное число зависит от частоты вращения вала, которую можно варьировать с помощью частотного преобразователя.

В самое ближайшее время в продажу должна поступить новая серия поршневых компрессоров - N4HS и N6HS, которые смогут обеспечить ещё более высокое рабочее давление.

Что касается винтовых компрессоров для работы с давлением 50 бар, то в настоящий момент мы располагаем 3 моделями, описанный объём которых варьируется в диапазоне от 400 до 3900 м<sup>3</sup>/час, в зависимости от частоты вращения вала, и которые могут обеспечить производительность от 190 кВт до 10 МВт – в зависимости от требуемой температуры горячей воды на выходе.

В качестве первого примера мы приводим тепловой насос, использующий метод избыточной компрессии и предназначенный для производства горячей воды с температурой 60°C для технологических нужд мясокомбината.

Внизу слайда показана технологическая схема заводской холодильной установки, вырабатывающей тепло в конденсаторе при температуре конденсации 40°C .

Схема с тепловым насосом представлена вверху слайда :

Компрессор теплового насоса забирает газообразный хладагент со стороны высокого давления холодильной установки, т.е. с линии нагнетания холодильного компрессора, и подаёт его на сторону низкого давления теплового насоса. Прежде чем попасть на всасывание компрессора теплового насоса газообразный аммиак проходит через газоохладитель, а также жидкостной теплообменник на всасывании. Тепловой насос компримирует аммиак, повышая тем самым его температуру с 40°C до 65°C, что позволяет производить горячую воду с температурой 60°C при температуре входящей воды 12°C. Нагрев воды с 12°C до 60°C обеспечивается за счёт применения высокочувствительного теплообменника на стороне высокого давления теплового насоса, а также теплообменника газ/жидкость на линии всасывания теплового насоса.

Благодаря использованию данной комбинации теплообменников возможно добиться теплового коэффициента от 6,0 до 9,0 единиц.

На слайде представлена схема данного агрегата, который состоит из компрессора с электродвигателем, маслоотделителя, эффективного теплообменника, конденсатора и ресивера высокого давления.

На фотографии с данного объекта показано, каким образом тепловой насос размещён в машинном отделении, а также виден бак термальной стратификации, используемый для накопления горячей воды.

Данный тепловой насос работает с 2008 года и имеет наработку около 4000 моточасов. Производительность насоса по горячей воде составляет 400 кВт при температуре 60°C.

В качестве второго примера мы приводим тепловой насос, также использующий метод избыточной компрессии и предназначенный для производства горячей воды с температурой 77°C для нужд коммунального отопления.

Внизу слайда показана технологическая схема холодильной установки, вырабатывающей тепло в конденсаторе при температуре конденсации 30...40°C, забираемое из испарителя-рекуператора низкой ступени.

Схема с тепловым насосом представлена вверху слайда :

Компрессор теплового насоса забирает газообразный хладагент со стороны высокого давления холодильной установки, который поступает в сосуд-рекуператор на стороне низкого давления

теплового насоса. Тепловой насос компримирует аммиак, повышая его температуру с 30...40°C до 80°C, и производит горячую воду с температурой 77°C при температуре входящей воды 60°C.

При данной конфигурации системы возможно получить тепловой коэффициент от 4,0 до 5,2, при этом тепловая производительность насоса варьируется от 400кВт до 1104кВт, в зависимости от промежуточной температуры аммиака (30->40°C) и нагрузки на компрессор, диапазон частоты вращения которого составляет 1800...3600 об/мин.

На слайде представлена схема данного агрегата, который состоит из компрессора с электродвигателем, расположенных на маслоотделителе.

На фотографии с данного объекта показаны как сам тепловой насос, установленный в машинном отделении, так и компрессоры низкой ступени вместе с теплообменной аппаратурой.



### **ТРАНСКРИТИЧЕСКИЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС НА CO<sub>2</sub> ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ**

Компания Maeykawa разработала тепловой насос под названием «ECO-CUTE», в котором применяется полугерметичный поршневой компрессор с расчётным давлением 150 бар, для производства горячей воды за счёт использования метода транскритической компрессии CO<sub>2</sub>.

Источником низкопотенциального тепла для данного теплового насоса может быть как вода, так и воздух.

На странице 19 показан промышленный тепловой насос данного типа, использующий в качестве источника тепла воздух. Также имеется альтернативное исполнение «ECO-CUTE», при котором источником тепла является вода.

В качестве примера мы приводим тепловой насос, производящий горячую воду с температурой 90°C для нужд офисного комплекса в Японии.

«ECO-CUTE» нагревает воду (поступающую в него с максимальной температурой 65°C) до 90°C, после чего вода накапливается в баке хранения горячей воды. Производительность теплового насоса по горячей воде составляет примерно 90 кВт в час. Из бака хранения горячей воды вода распределяется с заданной температурой по различным потребителям тепла в офисном комплексе.

Тепловые насосы «ECO-CUTE» хорошо подходят для применения в больницах, отелях, предприятиях социального обеспечения, на спортивных сооружениях, в банных комплексах, на пищевых производствах и других объектах подобного типа.

Приведённые расчёты показывают, что «ECO-CUTE» позволяет на 62% сократить потребление энергии и эмиссию CO<sub>2</sub> по сравнению с традиционной системой, основанной на использовании котлов.

### **ПРИМЕНЕНИЕ CO<sub>2</sub> В ХОЛОДИЛЬНОМ ЦИКЛЕ**

CO<sub>2</sub> широко применяется в каскадных холодильных системах, на высокой ступени которых используется аммиак.

Компания Mauekawa выпускает несколько типов компрессоров высокого давления (они описываются в разделе, посвящённом аммиаку), которые могут использоваться для компрессии CO<sub>2</sub>.

На схематической диаграмме показаны контуры NH<sub>3</sub> и CO<sub>2</sub>, на каждом из которых имеется компрессор, испаритель, конденсатор и расширительное устройство. Испаритель NH<sub>3</sub>, являющийся одновременно конденсатором CO<sub>2</sub>, выполняет функцию каскадного теплообменника между двумя контурами.

Более 40 лет наша компания выпускает также компрессорное оборудование для сжижения CO<sub>2</sub>.

В качестве конкретного примера мы приводим мясокомбинат в Голландии, где в 2005 г. начала работу холодильная установка на CO<sub>2</sub>.

На стороне низкой температуры, в контуре CO<sub>2</sub> применяются 5 компрессоров высокого давления, работающие на разные температурные режимы, минус 51°C, минус 41°C и минус 31°C, и обеспечивающие потребность предприятия в холоде в объёме 4200кВт, 2600кВт и 3000кВт соответственно.

Один компрессор, имеющий расчётное давление 50 бар, используется для разморозки морозильных аппаратов при температуре +10°C.

В аммиачном контуре используются 7 винтовых компрессоров.

К настоящему моменту данные машины наработали в среднем по 38000 моточасов.



### **КОМПРИМИРОВАНИЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ**

Вашему вниманию представлен промышленный агрегат для кондиционирования и отопления, использующий в качестве хладагента углеводородный газ.

Данный конкретный агрегат, установленный в Японии, предназначен для производства ледяной воды с температурой 7°C и имеет холодильную производительность 140 кВт.

Холодильные углеводородные машины подобного типа оптимально подходят, в частности, для пищевых производств, отелей и офисных зданий.

Приведённые расчёты показывают, что после внедрения углеводородного агрегата - «HYDRO-CARBON» - потребление энергии и эмиссия CO<sub>2</sub> были снижены на 14...16% по сравнению с традиционной системой, основанной на использовании фреона R134A.



### **АДСОРБЦИОННАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ МАШИНА**

Вашему вниманию представляется адсорбционная холодильная машина для производства ледяной воды, использующая возобновляемые источники энергии.

Возможными источниками энергии являются солнечная энергия или сбросное тепло – например, сбросное тепло электростанций, котельных, технологических линий промышленных предприятий и т.д.

Охлаждение воды осуществляется с помощью конденсатора (водяного охлаждения либо испарительного типа).

В качестве примера приведена установленная в Японии холодильная машина, производящая ледяную воду с температурой 9°C и имеющая холодопроизводительность 350 кВт.

Адсорбционные чиллеры данного типа хорошо подходят для применения на различных промышленных предприятиях, в частности, на пищевых производствах, а также в больницах, торговых и офисных центрах.

Приведённые расчёты показывают, что внедрение адсорбционной холодильной машины «ADSORPTION CHILLER» позволило на 64% сократить потребление энергии и эмиссию CO<sub>2</sub> по сравнению с традиционной системой на R134A.



### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗДУХА В ХОЛОДИЛЬНОМ ЦИКЛЕ**

Вашему вниманию представляется холодильная система, в холодильном цикле которой в качестве хладагента используется воздух и которая предназначена для низких и сверхнизких температур в диапазоне от минус 50°C до минус 120°C.

В качестве примера работающей установки приведён Холодильно-Морозильный склад в Японии с объёмом хранения 5000 м3 и температурой в камерах минус 60°C.

Холодильная установка, использующая воздух в качестве хладагента, состоит из трёх частей: турбо-детандерного компрессора (выполняющего функции компрессора и детандера одновременно), первичного охладителя (для рассеивания тепла) и теплообменника, служащего рекуператором холодом.

Наиболее подходящими областями применения для таких холодильных установок являются заводы по заморозке и переработке тунца и скумбрии, а также фризеры шоковой заморозки и другие потребители, нуждающиеся в сверхнизком холоде.

Приведённые расчёты показывают, что внедрение «AIR CYCLE REFRIGERATION SYSTEM» - установки, использующей воздух в холодильном цикле, позволило сократить потребление энергии и эмиссию CO2 на 54% по сравнению с традиционной двухступенчатой системой на R22.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Давайте подведём итоги нашего рассказа о «Хладагентах с нулевым или низким GWP (Потенциалом Глобального Потепления), представляющих альтернативу фторсодержащим HCFC-хладагентам».

1. Все вещества, относящиеся к «ПЯТИ ПРИРОДНЫМ ХЛАДАГЕНТАМ», имеют GWP в диапазоне от 0 до 3:

Аммиак, воздух, вода: 0

CO2: 1

Углеводороды: 3

2. Все вещества, относящиеся к «ПЯТИ ПРИРОДНЫМ ХЛАДАГЕНТАМ», имеют ODP (Озоноразрушающий Потенциал), равный 0.
3. Все примеры, приведённые в рамках данной презентации, наглядно демонстрируют значительное сокращение эмиссии CO2 и энергопотребления в результате применения новейших технологий, основанных на использовании природных хладагентов:

NH3 NEWTON3000 : -30%

NH3 (горячая вода) : -75%



CO2 (горячая вода)	:	-62%
НС (ледяная вода)	:	-14%
АДСОРБЦИЯ (ледяная вода)	:	-64%
ВОЗДУХ (сверхнизкий холод)	:	-54%.

Все расчёты, представленные в сегодняшнем докладе, были сделаны на основе данных, полученных на отдельно взятых работающих установках, и не являются универсальными критериями для оценки эффективности какого-либо из «ПЯТИ ПРИРОДНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ». Каждый новый проект будет нуждаться в самостоятельном расчёте.

Тем не менее, все представленные вашему вниманию результаты были получены на реально работающем оборудовании, и, таким образом, эффективность природных хладагентов была подтверждена на практике.

Данные результаты демонстрируют позитивные тенденции и привлекательные возможности в деле технического перевооружения и совершенствования существующих систем.

В этой связи следует отметить, что именно успешный практический опыт в проектировании и конструировании систем подобного типа является ключевым фактором для того, чтобы получить или превзойти те результаты, которые были озвучены сегодня.