

Реализованный проект | Складской комплекс Maersk

Складской комплекс **Maersk** на транскритической системе **CO₂** **Комплексный подход** к энергоэффективности

Срок
окупаемости
менее
3 лет

В марте 2020 года в Санкт-Петербурге был введен в эксплуатацию крупный складской комплекс для датского логистического гиганта Maersk – мирового лидера в сфере контейнерных перевозок и обслуживании портовых терминалов. Новый холодильный склад имеет общую вместимость более 40 000 паллетомест, 35 доков позволяют принимать до 200 машин в день, а максимальная емкость хранения может превышать 50 000 тонн.



Централизованная система холодоснабжения объекта реализована на энергоэффективном природном хладагенте R744(CO₂), общая холодопроизводительность оборудования составляет около 2 МВт. Это делает складской комплекс Maersk в Санкт-Петербурге одним из крупнейших коммерческих холодильных складов в России, использующих транскритическую технологию.

Полный цикл работ по проектированию, производству, монтажу и пусконаладке систем холодоснабжения был выполнен компанией «Ингениум».

За холодоснабжение складского комплекса отвечают три одинаковые транскритические бустерные установки производительностью 180 кВт низкого ($T_0 = -32\text{ °C}$) и 480 кВт среднего ($T_0 = -6\text{ °C}$) холода каждая. Машинное отделение вынесено за пределы склада.

«Ингениум» - лидер в области внедрения CO₂ технологий на российском рынке. За последние несколько лет компанией было реализовано порядка 20 проектов на диоксиде углерода, и в настоящее время команда продолжает доказывать свой высокий уровень компетенции в применении данной технологии.

ingenium-company.ru

«На начальном этапе для реализации проекта заказчиком рассматривался вариант системы холодоснабжения на фреоне R507A как традиционное решение с относительно низкими капитальными затратами. В качестве альтернатив с низким потенциалом глобального потепления также принимались во внимание R448A и R449A. Однако эти хладагенты дороги, практически не представлены на нашем рынке и по энергоэффективности не превосходят R507A. Мы предложили и обосновали решение

на диоксиде углерода. Это экологичный и энергоэффективный хладагент, и его гарантированно не коснутся законодательные ограничения в течение всего срока эксплуатации оборудования», - прокомментировал Александр Надеев, руководитель отдела продаж комплексных проектов, «Ингениум».

Применение трех отдельных станций холодоснабжения обеспечивает полное резервирование системы. Воздухоохладители холодильных камер подключены таким образом, что при отключении одной из установок ни одна зона не останется без холода – происходит ее перекрытие за счет воздухоохладителей смежной системы.

В каждой установке применяется технология параллельного сжатия, которая позволяет разгрузить компрессоры СТ контура и повысить энергоэффективность системы. Параллельные компрессоры работают при меньшей степени сжатия и потребляют меньше электроэнергии.



Лидирующие компрессоры каждого контура оборудованы частотными преобразователями. Они плавно регулируют производительность компрессоров, чтобы она четко соответствовала требуемой нагрузке. Это вносит значительный вклад в оптимизацию энергопотребления системы. Для среднетемпературного контура предусмотрено два компрессора с частотными приводами.

Потребители холода:

- Камеры хранения
- Система вентиляции камеры хранения свежих овощей и фруктов
- Док-хаусы камеры хранения замороженной продукции

2 камеры хранения:

- Камера хранения свежих овощей и фруктов, температура +2...+4 °C, площадь 4150 м², емкость хранения 15 000 тонн
- Камера хранения замороженных продуктов, температура -25...-18 °C, площадь 7000 м², емкость хранения 20 000 тонн



Помимо холодоснабжения воздухоохладителей НТ и СТ контуров на объекте выполнены системы вентиляции камеры хранения свежих овощей и фруктов, а также кондиционирование машинного отделения. Они реализованы за счет цикла с промежуточным хладагентом (раствор пропиленгликоля), который охлаждается в пластинчатом теплообменнике кипящим CO_2 . Насосы подачи хладагента к теплообменнику системы приточной вентиляции тоже оснащены преобразователями частоты. Это позволяет снизить энергопотребление при снижении потребного расхода.

Суммарная холодопроизводительность

- Низкотемпературный режим CO_2 (R744)
3 x 180 кВт = 540 кВт
- Среднетемпературный режим CO_2 (R744)
3 x 480 кВт = 1440 кВт
- Среднетемпературный режим R448A
6 x 10 кВт = 60 кВт.

Из экономических соображений холодоснабжение док-хаусов камеры хранения замороженной продукции ($T_0 = -13^\circ\text{C}$) реализовано с помощью 6 небольших компрессорно-конденсаторных агрегатов Danfoss Optyma SlimPack на R448A по 10 кВт каждый.



Одним из важных преимуществ CO_2 над другими хладагентами является большой потенциал рекуперации тепла. На складском комплексе Maersk бросовая тепловая энергия холодильных установок используется для системы обогрева грунта и оттайки воздухоохладителей.

Система рекуперации производит отбор высокопотенциальной тепловой энергии для нагрева пропиленгликоля с двух уровней давления CO_2 : с линии нагнетания среднетемпературных / параллельных компрессоров и с линии нагнетания низкотемпературных компрессоров. Кроме того, отбор тепла с нагнетания НТ компрессоров дополнительно снижает нагрузку на СТ компрессоры.



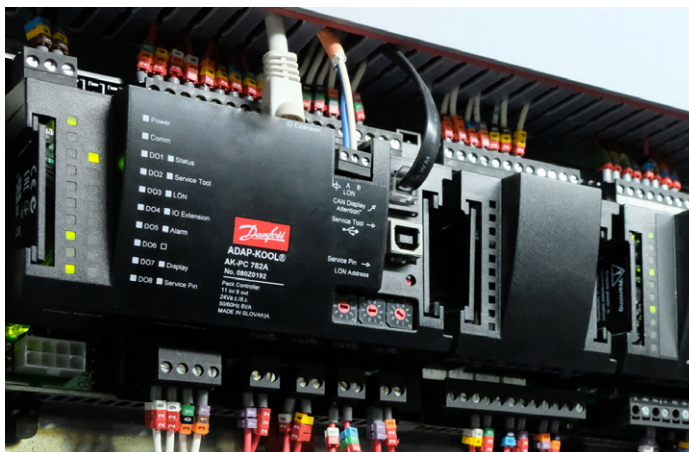
Отепленный гликоль аккумулируется в буферной емкости и распределяется по двум контурам: для оттайки воздухоохладителей и обогрева грунта. Система обогрева защищает грунт под низкотемпературной камерой от промерзания. В целях резервирования она выполнена многоконтурной. Управление подогревом реализовано на базе свободно программируемых контроллеров Danfoss MCX.

Насосы первичного контура системы рекуперации и контура оттайки воздухоохладителей также оснащены преобразователями частоты.

На объекте оставлена возможность дальнейшего расширения системы рекуперации. Например, для обогрева камеры фруктов в зимний период.

Для автоматизации всех контуров системы холодоснабжения применены контроллеры и система мониторинга Danfoss. Такая связка оптимизирует параметры и повышает энергоэффективность как отдельных элементов, так и системы в целом. Например, поддержание плавающего давления кипения и конденсации снижает нагрузку на компрессоры, алгоритм минимального стабильного перегрева помогает использовать всю полезную площадь испарителя, а адаптивные оттайки запускаются только когда это действительно необходимо. Мониторинг позволяет удаленно следить за работой системы, своевременно реагировать на аварийные сигналы, вносить изменения в расписания и многое другое.

«На примере склада Maersk видно, что хорошо реализованные проекты – это всегда результат совместной работы и партнерских отношений. Такое взаимодействие дает возможность комплексно подходить к решению инженерных задач. На каждом уровне системы компоненты Danfoss вносят свой вклад в ее надежность, безопасность и эффективность. И эти преимущества вполне осязаемы и измеримы, как для наших партнеров, так и для конечного потребителя. Решения для транскритических систем, которые раньше применялись осторожно, сейчас де-факто являются стандартом и отличительным знаком качества, именно потому, что приносят результат. Нам важно быть частью растущего рынка систем на CO₂ и участвовать в его развитии», - отметил Александр Серавин, директор по продажам системных решений и региональному развитию, ООО «Данфосс».



Главное преимущество системы на традиционном хладагенте (например, на R507A) заключается в сравнительно низких капитальных затратах. Однако при оценке целесообразности применения того или иного хладагента необходимо учитывать весь жизненный цикл и стоимость владения холодильной системой. Чем больше жизненный цикл и чем выше эксплуатационные затраты, тем актуальнее становится вопрос внедрения энергоэффективных решений.

При разработке проекта инженеры «Ингениум» сравнили данные по энергопотреблению установок на R507A и R744(CO₂) одинаковой производительности. При расчете учитывались коэффициенты сезонной загрузки оборудования.

Ожидаемое энергопотребление системы на CO₂ составит 3 882 100 кВт·ч в год, что на 1 480 500 кВт·ч меньше по сравнению с системой на R507A с применением следующих стандартных технологий: винтовые компрессоры с экономайзерами, конденсаторы воздушного охлаждения, оттайка воздухоохладителей электрическими ТЭНами, обогрев грунта теплоносителем.

При более высоких капитальных затратах, итоговая **стоимость владения системой на CO₂ ниже** по сравнению с системой на R507A

«Если сравнивать с традиционной системой, то применение CO₂ технологии позволило снизить необходимую установленную мощность на 7% и на 28% в год сократить энергопотребление. В масштабах такого склада – это большие деньги. Если же рассматривать эксплуатационные расходы на протяжении всего срока службы оборудования, то на сэкономленные за 12 лет средства можно полностью заменить систему холодоснабжения объекта. Срок окупаемости транскритической системы холодоснабжения составит менее трех лет. Этот фактор наряду с экологической безопасностью CO₂ был решающим при выборе концепции заказчиком», - Антон Ростокин, заместитель директора по техническим вопросам, «Ингениум».

» CO2facts.danfoss.ru

» Решения Danfoss для CO₂. Каталог

» Стандартные холодильные машины. Схемы CO₂

Три одинаковых транскритических бустерных холодильных установки производства «Ингениум»

НТ компрессоры: 3 x **Dorin CDS1**

СТ компрессоры: 5 x **Dorin CD400**

Параллельные компрессоры: 2 x **Dorin CD400**

Газоохладители, теплообменное оборудование: **Lu-Ve**

Линейные компоненты и автоматика: **Danfoss GBC, NRV H, EVR, KP5, KP6, FIA, DCR, DCL, SVA**

Линейные компоненты на линии хладоносителя: **Danfoss VFY, FVF, BVR, NRV EF, VF3, AQT**

Преобразователи частоты: **Vacon**

Единые контроллеры централи: **Danfoss AK-PC 782A**

Контроллеры ЭРВ: **Danfoss AK-CC 550A**

ЭРВ: **Danfoss AKVP**

Электронные расширительные клапаны высокого давления: **Danfoss CCMT**

Контроллеры гидромодуля и системы подогрева: **Danfoss MCX**

Система газоанализации: **Danfoss DGS**

Система мониторинга: **Danfoss AK-SM 850**