



Опыт реализации транскритической холодильной установки на диоксиде углерода в магазине сети «Ашан» в г. Пушкино

Сравнение энергетической эффективности субкритических и транскритических схем коммерческих холодильных установок



С. Ю. ПЛЕШАНОВ, технический директор, ООО «УК «ЛЭНД»
М. Ю. КАТРАЕВ, инженер, ООО «Данфосс»

Как известно, согласно Кигалийской поправке к Монреальскому протоколу, использование хладагентов на основе гидрофторуглеродов, среди которых R404A, R507A и R134a, будет сокращаться. К 2036 г. общий объем их использования должен быть уменьшен на 85%, поэтому схемы на диоксиде углерода становятся все более актуальными и востребованными на рынке коммерческих холодильных установок.

12 декабря 2019 г. состоялось открытие нового гипермаркета «Ашан», в г. Пушкино Московской области. Одной из отличительных особенностей магазина является холодильная установка, которая впервые в сети «АШАН»



Рис. 1. Транскритические централи Elementum отечественного производства

на территории России работает на диоксиде углерода по транскритическому холодильному циклу на все температурные потребители. Холодильная установка, спроектированная и смонтированная на объекте компанией «ЛЭНД», имеет следующую холодопроизводительность:

- среднетемпературный контур – 534 кВт;
- низкотемпературный контур – 62 кВт;
- климатическая система – 195 кВт.

Общая холодопроизводительность разделена поровну на два холодильных контура. Проектное решение позволяет при необходимости переключить всех потребителей на одну систему. Так, в зимний период времени, когда требуемая холодопроизводительность может падать на 50–70 %, это может позволить в отдельных случаях полностью работать на одной системе, что обеспечивает непрерывную работу магазина при проведении плановых или ремонтных работ.



Рис. 2. Ресиверные станции Elementum для транскритической централи отечественного производства



Рис. 3. Машинное отделение на крыше здания торгового комплекса

Для компании «ЛЭНД» объект «Ашан Пушкино» является не первым проектом такого типа. К настоящему моменту специалистами «ЛЭНД» спроектировано, смонтировано и запущено в эксплуатацию 19 объектов на диоксиде углерода. Компрессорные агрегаты на базе компрессоров Dorin и насосные станции для хладагосителя были собраны на российском заводе Elementum (рис. 1 и 2).

Система управления построена на базе электронных и механических компонентов производства Danfoss. Так, для управления всеми группами компрессоров, клапанами высокого давления и байпасными клапанами, а также газоохладителями применен многофункциональный модульный контроллер для транскритических систем АК-РС 782А. Контроллеры для торгового оборудования АК-СС 550А, оснащенные адаптированными алгоритмами, в паре с импульсными клапанами серии АКВ обеспечивают подачу оптимального количества хладагента в испарители. Для вспомогательных систем применены программируемые логические контроллеры серии МСХ. Система мониторинга построена на базе мастер-контроллера АК-SM 850, отвечающего за работу таких автоматических оптимизирующих функций, как плавающее давление кипения и адаптивная координированная оттайка, а также за обработку аварийных сигналов и сбор истории параметров.

Помимо стандартных работ, связанных с холодильным оборудованием, на объекте «Ашан» выполнены работы по проектированию и монтажу помещения машинного отделения на крыше здания с полным обеспечением пожарных и строительных норм (рис. 3). Такое решение позволяет разместить холодильное оборудование без выделения отдельного помещения внутри здания.

Компания «АШАН Ритейл Россия» уже имеет опыт применения каскадных систем на диоксиде углерода. В настоящее время широкое применение нашли каскадные схемы с использованием двух хладагентов, например R134a, R404/R744(CO₂) или, в основном для промышленных систем, R717(аммиак)/R744(CO₂), где диоксид углерода используется только частично.

Для простоты понимания в зависимости от наличия или отсутствия насосной подачи хладагента назовем схемы холодильных установок: субкритическая насосная и субкритическая безнасосная. В транскритической схеме диоксид углерода работает как единственный хладагент. Разберем основные характеристики этих трех схем и оценим их энергоэффективность.

1. Субкритическая насосная схема (рис. 4).

Данная схема имеет три связанных между собой контура, которые должны быть согласованы между собой, и нарушение баланса одного из них оказывает влияние на остальные. Наличие трех компрессорных групп и одной насосной станции существенно усложняет схему, снижает отказоустойчивость и повышает риск выхода оборудования из строя, а также повышает капитальные и эксплуатационные затраты. Реализация подобной схемы требует высокой квалификации не только от монтажной организации, но и от сервисных инженеров на этапе обслуживания.

Наличие в контуре хладагента R404А с высоким значением коэффициента глобального потепления не позволяет отнести эту схему к категории экологически безопасных, а применение R717(аммиак) сильно ограничено законодательными нормами.

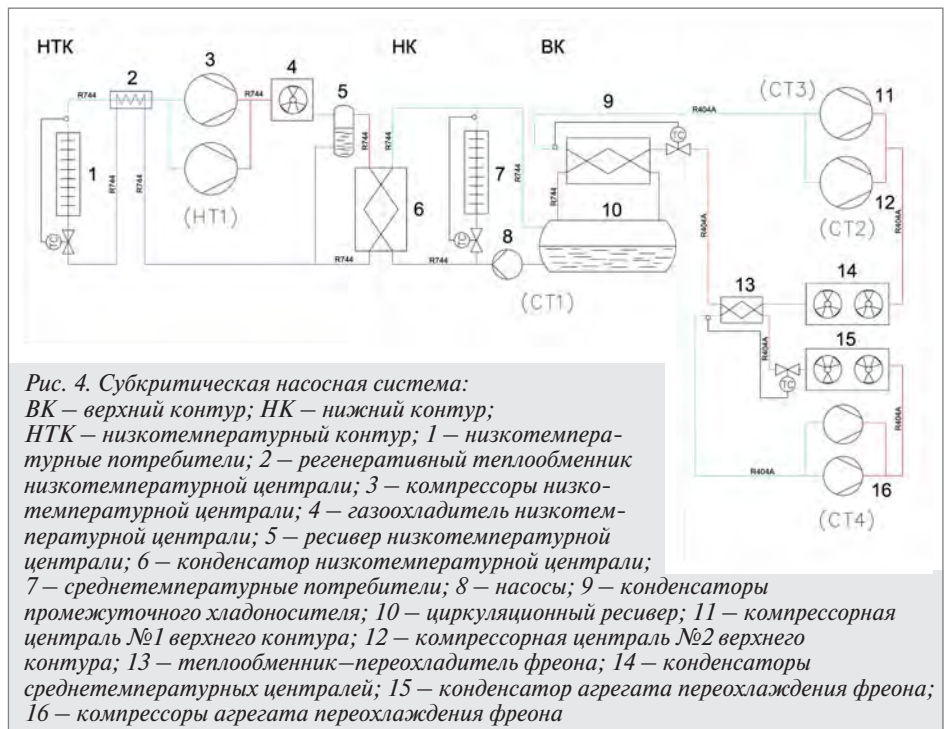


Рис. 4. Субкритическая насосная система:
 ВК – верхний контур; НК – нижний контур;
 НТК – низкотемпературный контур; 1 – низкотемпературные потребители; 2 – регенеративный теплообменник низкотемпературной централи; 3 – компрессоры низкотемпературной централи; 4 – газоохладитель низкотемпературной централи; 5 – ресивер низкотемпературной централи; 6 – конденсатор низкотемпературной централи; 7 – среднетемпературные потребители; 8 – насосы; 9 – конденсаторы промежуточного хладоносителя; 10 – циркуляционный ресивер; 11 – компрессорная централь №1 верхнего контура; 12 – компрессорная централь №2 верхнего контура; 13 – теплообменник–переохладитель фреона; 14 – конденсаторы среднетемпературных централей; 15 – конденсатор агрегата переохлаждения фреона; 16 – компрессоры агрегата переохлаждения фреона

2. Субкритическая безнасосная схема (рис. 5).

Основным отличием от насосной схемы является возможность использования R744 (CO₂) как хладагента только для низкотемпературных потребителей. Схемное решение с точки зрения монтажа и эксплу-

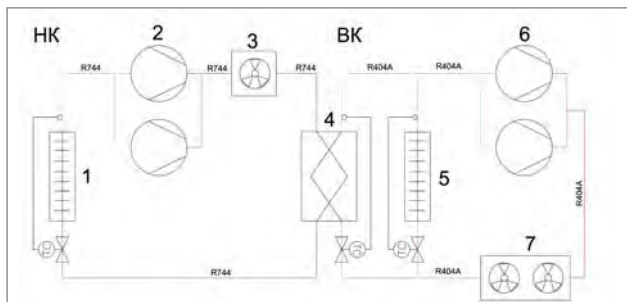


Рис. 5. Субкритическая безнасосная система: ВК – верхний контур; НК – нижний контур; 1 – низкотемпературные потребители; 2 – компрессоры нижнего контура; 3 – газоохладитель низкотемпературной централи; 4 – конденсатор-испаритель каскадной установки; 5 – среднетемпературные потребители; 6 – компрессоры верхнего контура; 7 – конденсатор низкотемпературной централи

атации проще предыдущего, но по-прежнему имеет два контура с разными хладагентами, требующими согласования между собой. Также стоит отметить, что дальнейшее использование ГФУ-хладагента приведет к росту эксплуатационных затрат по причине прогнозируемого увеличения его стоимости, вызванного ужесточением экологических норм в России.

3. Транскритическая бустерная схема, реализованная в гипермаркете «Ашан Пушкино» (рис. 6).

Это классическая система холодоснабжения, в которой хладагентом как для высокотемпературных, так и для среднетемпературных и низкотемпературных потребителей служит диоксид углерода (CO_2).

Для сравнения энергетической эффективности различных схем была использована программа Pack Calculation, разработанная компанией Danfoss совместно с датскими и международными компаниями при ча-

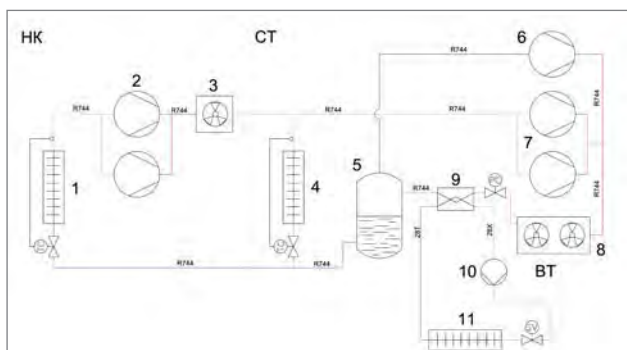


Рис. 6. Транскритическая система холодоснабжения: НК – низкотемпературный контур; СТ – среднетемпературный контур; ВТ – высокотемпературный контур; 1 – низкотемпературные потребители; 2 – компрессоры низкотемпературного контура (бустерные компрессоры); 3 – газоохладитель сжатого газа перед всасыванием в среднетемпературные компрессоры; 4 – среднетемпературные потребители; 5 – ресивер хладагента R744(CO_2); 6 – параллельный компрессор; 7 – среднетемпературные компрессоры; 8 – газоохладитель высокого давления (газ – кулер); 9 – пластинчатый теплообменник охлаждения хладоносителя для высокотемпературного контура; 10 – насос высокотемпературного контура; 11 – высокотемпературные потребители

стичном финансировании Энергетическим агентством Дании Dansk Energy в рамках программы ELFORSK.

В результате расчета определено годовое энергопотребление холодильных систем. Во всех системах были использованы одинаковые профили нагрузки и климатические условия.

За отправную точку сравнения взяли традиционную фреоновую схему на хладагенте R404A, где принят нижний предел плавающего давления конденсации 25 °С.

Как показали расчеты (см. таблицу), субкритические схемы не дают должной эффективности и находятся на уровне существующих систем на хладагенте R404A при условии использования функций плавающего давления конденсации и кипения, а также адаптивного контроля перегрева в испарителях.

Сравнение энергетической эффективности схем

Параметр сравнения	Традиционная фреоновая, R404A	Схема холодоснабжения			
		Субкритическая	Безнасосная	Транскритическая	С жидкостным эжектором
Средний COP	2,92	3,16	2,98	3,45	4,01
Энергопотребление, кВт·ч/год	1 553 946	1 430 611	1 521 286	1 314 591	1 131 738
Годовая экономия энергопотребления:					
кВт·ч	–	123 335	32 660	239 355	422 208
%	–	8	2	15	27

Для объектов подобных форматов, расположенных в данном регионе, наиболее перспективным решением с точки зрения энергетической эффективности и экологической безопасности является транскритическая система холодоснабжения, которая даже в базовой конфигурации позволяет достичь годовой экономии энергопотребления на уровне 15%. Следует отметить, что эффективность использования транскритической холодильной системы увеличивается с ростом холодопроизводительности и она может быть рекомендована к применению на складах и в распределительных центрах. Решения для повышения эффективности транскритических систем позволяют достичь более значительного эффекта. Например, добавление эжекторной технологии (в данном расчете – жидкостный эжектор), как видно из таблицы, позволяет достичь экономии энергии на уровне 27 %.

Евгений Пронякин, главный инженер систем холодоснабжения «АШАН Ритейл Россия», отмечает следующее: «Компания «Ашан» с большим вниманием относится к заботе об окружающей среде, поэтому схемы на природных хладагентах повсеместно используются в Европе и сейчас нашли применение в России. В переходе на природные хладагенты мы также видим возможность получить экономические преимущества с точки зрения эксплуатационных затрат. Расчетные данные демонстрируют хорошие показатели экономии электроэнергии, объект «Ашан Пушкино» дает отличную возможность подтвердить эти цифры на практике и принять решение о дальнейшем применении транскритических технологий в магазинах сети «Ашан» в России».