

**Закиров Санат Гапурович, Каримов Кудратилла Фуадович,  
Рахматуллаева Шохид**

[kudrat\\_kf@list.ru](mailto:kudrat_kf@list.ru)

Ташкентский государственный технический университет

В химической и пищевой промышленности технология производства связана с применением искусственного холода. Из-за экологических проблем специалистов холодильной промышленности все больше привлекают хорошо известные, но забытые природные хладагенты, такие, как аммиак (R717) и диоксид углерода (R744). Однако у аммиака есть недостатки: токсичность и взрывопожароопасность, поэтому вполне объясним повышенный интерес к R744 [1].

Рассмотрим способы совершенствования систем охлаждения на диоксиде углерода, работающих, в основном, по транскритическому циклу.

Применение бустер-компрессоров. Циклы холодильных машин, эксплуатирующихся на R744, могут находиться как в докритических (субкритических), так и в надкритических (транскритических) областях. Чаще всего субкритический цикл применяют при каскадной схеме холодоснабжения. Как правило, в верхней ветви каскада используют R717 или R134a, а в нижней ветви – R744 в диапазоне температур от  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $t_0$ ) до  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $t_k$ ), что соответствует давлениям от 12 до 26,5 бар [1].

Транскритический цикл применяется в холодильных системах с бустер-компрессором на  $\text{CO}_2$  в диапазоне температур от  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $t_0$ ) до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $t_k$ ), что соответствует давлениям от 12 до 90 бар [1].

Расчеты показали, что наиболее энергосберегающей является схема холодоснабжения с бустер-компрессором (транскритический цикл R744). При ее эксплуатации экономится 17 % энергии по сравнению со стандартной схемой холодоснабжения на R404A [1].

Сегодня тысячи агрегатов на R744 успешно эксплуатируются в Центральной и Северной Европе, Канаде и США, Японии, Корее и Китае. Согласно статистическим данным, в 2012 г. по схеме с бустер-компрессором на транскритическом цикле  $\text{CO}_2$ , эксплуатировался всего 1331 агрегат, а в 2013 г. – уже 2881 агрегат. В 2013 г. эксплуатировалось 1568 агрегатов, работающих по каскадной схеме холодоснабжения на ГФУ/ $\text{CO}_2$ , и 16 агрегатов – на  $\text{NH}_3/\text{CO}_2$  [1].

Как показала практика, наиболее перспективные области применения агрегатов на R744:

- магазиностроение (отношение давлений  $p_0/p_k = 26/90$  бар и  $12/90$  бар);
- холодильный транспорт ( $p_0/p^k = 12/85$  бар);
- горячее водоснабжение / тепловые насосы ( $p_0/p^k = 40/120$  бар);
- системы кондиционирования воздуха ( $p_0/p^k = 40/120$  бар).

Следует отметить, что транскритическая бустерная система наиболее эффективна в географических местностях с холодным климатом [2].

Применение эжекторной технологии. Применение эжектора позволяет получить максимальный эффект энергосбережения в транскритической системе на CO<sub>2</sub>. Кроме того, это позволяет устанавливать компрессоры меньшего типоразмера, тем самым снижая первоначальные затраты. Несмотря на кажущуюся простоту и широкую известность технологии, ранее эжекторы фактически не применялись в коммерческом холоде.

В [3] предлагается эжектор для транскритических холодильных систем. Такое решение было принято по результатам многочисленных тестирований эжекторов и подтвержденной энергоэффективности технологии.

Для условий умеренного климата (средней полосы России) транскритическая система с применением эжектора обеспечивает потенциал энергосбережения 20–25% по сравнению с традиционными холодильными системами на ГФУ (например, R404A) [4].

Третьим способом совершенствования является комбинирование двух выше рассмотренных способов.

Данный аналитический материал подготовлен в рамках НИР кафедры «Холодильная и криогенная техника» по изучению теплового насоса на CO<sub>2</sub> и приведен сокращенно. Он будет использоваться нами в научно-исследовательских проектах, курсах повышения квалификации техников сферы охлаждения, так как в нашей стране нет опыта расчета, проектирования и эксплуатации холодильных машин на диоксиде углерода.

#### **Список использованных источников**

1. Камзолов С.М., Vonfanti M. Применение компрессоров DORIN в CO<sub>2</sub>-технологиях // Холодильная техника. 2014, №2. С. 28 – 31.
2. Системы охлаждения на CO<sub>2</sub> для продовольственных магазинов розничной торговли. Проектирование транскритических и субкритических систем на CO<sub>2</sub> и подбор необходимого оборудования, производимого компанией «Данфосс». Руководство по применению. ООО «Данфосс». 2009. 52 с.
3. Серавин А. Современные энергосберегающие решения Данфосс. Транскритическая система CO<sub>2</sub> с эжектором. Опыт в РФ. // Презентационный материал. Danfoss. 2017.
4. Первый в России гипермаркет с транскритической системой холодоснабжения на CO<sub>2</sub>. // Холодильная техника. 2016, №12. С. 16 – 18.