

УДК 536.71

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ШИРОКОЙ ОКРЕСТНОСТИ КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ

С.В. Рыков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий,
г. Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время при расчете термодинамических свойств рабочих веществ все большее распространение получают уравнения состояния в физических переменных, описывающие широкую окрестность критической точки в соответствии с требованиями современной теории критических явлений. Однако известные широкодиапазонные и единые уравнения состояния, разработанные в физических переменных плотность-температура, не передают асимметрию реальной системы жидкость-пар. Предложено асимметричное уравнение состояния, которое разработано в виде вагнеровского разложения для свободной энергии Гельмгольца $\rho F(\rho, T) / p_k$:

$$\frac{\rho}{p_k} F(\rho, T) = \sum_n |\Delta\rho|^{\delta+i+\Delta_n/\beta} a_n(\tilde{x}) + \frac{\rho}{p_k} F_0(T) + A_0(T), \quad (1)$$

где $\Delta\rho = (\rho - \rho_k) / \rho_k$; β и δ - критические индексы линии насыщения и критической изохоры, соответственно; $\tilde{x} = \tau / \tau_s$ - обобщенная масштабная переменная, $\tilde{\tau}_s(\rho)$ выбирается из условия $\tau_s = -x_0 \tilde{\tau}_s$, где $\tau_s = T_s(\rho) / T_k - 1$, а $T_s(\rho)$ - уравнение кривой сосуществования; $F_0(T)$ и $A_0(T)$ - регулярные функции температуры.

Масштабные функции свободной энергии $a_n(\tilde{x})$ имеют следующую структуру:

$$a_n(\tilde{x}) = \sum_i A_{in}(\tilde{x} + x_m)^{2-\alpha+\Delta_n} + \sum_i B_{in}(\tilde{x} + x_m)^{\beta\delta+\Delta_n} + \sum_i D_{in}(\tilde{x} + x_m)^{\gamma+\Delta_n} + C_n \quad (2)$$

Значение C_n выбирается из условия равенства нулю масштабных функций химического потенциала на линии насыщения: $h_n(\tilde{x} = -x_0) = 0$.

Показано, что уравнение состояния (1) с предложенными масштабными функциями (2), описывает поведение давления, химического потенциала, изохорной теплоемкости, коэффициента изотермической сжимаемости на критической изохоре, критической изотерме и линии фазового равновесия в соответствии с требованиями современной теории критических явлений. Предложенное уравнение состояния (1) апробировано на примере описания равновесных свойств аргона, аммиака, R134a, R218 и может быть использовано для построения единых и широкодиапазонных уравнений состояния индивидуальных веществ, учитывающих асимметрию системы жидкость-газ относительно критической изохоры.

УДК 621.56

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ ОТВОДА ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАЦИИ
В ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

И.Л. Шестернев, Д.И. Березюк

Могилевский государственный университет продовольствия,
г. Могилев, Беларусь

На предприятиях пищевой промышленности широко используются холодильные установки в различных системах холодоснабжения технологического процесса, а также для хранения сырья и готовой продукции.

Для осуществления холодильного цикла теплоту конденсации холодильного агента необходимо отводить в окружающую среду. Для отвода теплоты конденсации используются схемы с воздушными, водяными и водовоздушными (испарительными) конденсаторами. В настоящее время на предприятиях Республики Беларусь идет интенсивное техническое перевооружение, в том числе, происходит

реконструкция холодильных установок. Правильный выбор системы охлаждения определяет эффективность и энергопотребление всей холодильной установки.

Наиболее широко для отвода теплоты конденсации холодильного агента используются оборотные системы водоснабжения (ОСВ). Для отвода теплоты конденсирующего хладагента помимо ОСВ используются системы проточного водоснабжения, а также системы без промежуточной среды, например, в системах с воздушными конденсаторами.

Способ отвода теплоты конденсации во многом определяет температуру конденсации (и энергетическую эффективность), эксплуатационные затраты, капитальные вложения на реконструкцию. Целью данной работы являлось сравнение основных показателей холодильных установок при различных системах охлаждения. Расчеты проводились для условий г. Минска. Определялись расчетные показатели холодильных установок, работающих на распространенных хладагентах R134a и R407C, а также на аммиаке (R717) при одинаковой температуре кипения минус 10°C и различной холодопроизводительности: 10, 100 и 1000 кВт. В результате расчетов было определено удельное энергопотребление, стоимость воды, добавляемой в систему, и стоимость электроэнергии.

При сравнении суммарных затрат на электроэнергию и воду при различных способах отвода теплоты конденсации были сделаны следующие выводы:

1) системы охлаждения фреоновых холодильных систем с водяными конденсаторами и охлаждением водопроводной или артезианской водой (проточные) приемлемо использовать только на малых холодильных установках (до 10 кВт);

2) на средних и крупных холодильных установках (как аммиачных, так и фреоновых) необходимо использовать либо ОСВ либо воздушные системы охлаждения;

3) увеличение температуры конденсации вызывает опережающий рост затрат на электроэнергию на аммиачных холодильных установках (т.е. на фреоновых системах более целесообразно ставить воздушные конденсаторы).

Таким образом, выбор системы отвода теплоты конденсации в первую очередь определяется видом хладагента и холодопроизводительностью. В связи с мировой тенденцией к широкому использованию природных хладагентов (аммиачные системы, каскадные установки с аммиаком и CO₂), в том числе для холодоснабжения рынков, супермаркетов и просто крупных магазинов, перспективным является разработка компактных эффективных и надежных ОСВ малой мощности.

УДК 641.528.6

ПРИМЕНЕНИЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В ЦИРКУЛЯЦИОННОМ КОНТУРЕ АППАРАТОВ ДЛЯ ЗАМОРАЖИВАНИЯ НАПИТКОВ

В.В. Качалов

**Харьковский государственный университет питания и торговли,
г. Харьков, Украина**

На предприятиях общественного питания и торговли особым спросом пользуются замороженные напитки содержащие в своем составе большой комплекс витаминов полезных для организма человека. Производятся такие напитки как на специализированных предприятиях (цехах) так и непосредственно в местах их реализации. Существует большое разнообразие аппаратов для замораживания напитков, имеющих ряд существенных недостатков. Одним из таких является применение в качестве промежуточного хладоносителей токсичного и химически активного вещества водного раствора этиленгликоля. Контакт этого вещества с продуктом во время эксплуатации аппарата не исключен, что может привести при его попадании в исходный продукт к нежелательным последствиям. Кроме того, по санитарным нормам, такие вещества не разрешены к применению в аппаратах для переработки или производства пищевых продуктов.

Проведенные исследования показали, что в качестве промежуточного хладоносителей целесообразно применять кремнийорганические жидкости: полиметилсилоксаны (ПМС), полиэтилсилоксаны (ПЭС), а также жидкости ХС-2-1 ВВ, ХС-2-1 и ФС-Т-5. В этих веществах при изменении температурного режима в процессе эксплуатации от +20 до -50°C вязкостные характеристики хладоносителя меняются в пределах одного порядка, в тоже время в минеральных хладоносителях этот порядок увеличивается на 4-5 порядков.

Серия экспериментов дает основание утверждать, что для этой цели можно использовать кремнийорганические жидкости отечественного производства ПМС-5, ПМС-10, ПМС-25. Жидкости серии ПМС рекомендуют для применения в качестве низкотемпературных теплоносителей для разнообразного оборудования. Температура кипения при остаточном давлении 133-400 Па составляет 170-300°C, плотность от 800 до 1100 кг/м³; вязкость колеблется в широких пределах от 1 до 10⁶ мм²/с,