

УДК 621.592.2

В.А. Наер, доктор техн. наук, **А.В. Роженцев**, доктор техн. наук, **Весам Хасан Анвар**, аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий, Учебно-научный институт холода, криотехнологий и
экоэнергетики им. В.С. Мартыновского, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082
e-mail: dolphin@te.net.ua

ДЖОУЛЬ-ТОМСОНОВСКИЕ РЕФРИЖЕРАТОРЫ С МНОГОКОМПОНЕНТНЫМИ РАБОЧИМИ ТЕЛАМИ

Использование смесей углеводородов в качестве многокомпонентных рабочих тел позволяет создавать простые надежные и долговечные джоуль-томсоновские рефрижераторы для температур охлаждения из интервала ($-183...-73$) °С. Приведены температурные, тепловые, энергетические и гидравлические характеристики ряда опытных образцов рефрижераторов, которые созданы на основе герметичных малых одноступенчатых смазываемых поршневых компрессоров, выпускаемых серийно для различных холодильных агрегатов. Применение в рефрижераторах смазываемых компрессоров вплоть до температуры охлаждения -183 °С обеспечивает большой ресурс их работы. Именно это обстоятельство позволяет надеяться на перспективность широкого использования разработанных образцов низкотемпературного оборудования с рефрижераторами в их составе, несмотря на то, что они несколько уступают по энергетической эффективности газовым холодильным машинам.

Ключевые слова: Рефрижератор. Многокомпонентное рабочее тело. Термодинамический цикл. Рекуперативный теплообменник. Схема. Герметичный смазываемый компрессор. Эффективность.

1. ВВЕДЕНИЕ

На основе многокомпонентных рабочих тел (МРТ) можно создавать эффективные рефрижераторы. Формирование оптимальных МРТ является сложной задачей. При её решении должны учитываться многие факторы, в том числе и тип рефрижератора.

В настоящей статье рассматриваются проблемы применения МРТ в джоуль-томсоновских рефрижераторах (Д-Т-рефрижераторах), реализующих дроссельные регенеративные циклы [1-3].

2. ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МРТ

Выполненные ранее теоретические разработки позволили сформулировать ряд основных принципов, которыми в настоящее время руководствуются при формировании смесей для этих рефрижераторов [1-3]. В качестве основного низкотемпературного компонента в МРТ должны применяться вещества, температура кипения которых близка при давлении обратного потока к требуемой температуре охлаждения. Причем, должны учитываться особенности неазеотропных смесей.

К основному компоненту следует добавлять вещества, имеющие более высокие критические температуры, самое главное, — более высокие значения изотермического дроссель-эффекта при температуре окружающей среды T_{oc} по сравнению с основным

компонентом, так как в указанных циклах холодопроизводительность и, в значительной мере, энергетическая эффективность определяются именно этим эффектом.

Компоненты, имеющие критические температуры между их значениями у основных и наиболее высоки кипящих компонентов, называются промежуточными. Их число в смеси также зависит от многих факторов и в том числе от того, есть ли потребность в полезной холодопроизводительности на промежуточных температурных уровнях. Необходимо также учитывать, какой тип фазового равновесия в них наблюдается в смеси с другими компонентами, например, парожидкостное равновесие или равновесие с расслоением жидких фаз.

В целом в основу формирования смесей для Д-Т-рефрижераторов должен быть положен термодинамический подход, учитывающий такие показатели, как требуемая величина температуры охлаждения T_x , холодопроизводительность Q_x , реализуемость в q, T -диаграмме процессов теплообмена, происходящих в рекуперативных теплообменниках. Кроме этого при поиске оптимального состава МРТ нужно стремиться к максимальной энергетической эффективности рефрижератора.

Следует отметить, что сформированный с учётом этих показателей состав смеси является заправочным, и он может заметно отличаться от действительного состава, циркулирующего в установке. Последнее объясняется разной растворимостью компонен-