

УДК 621.56.001

Г. К. Лавренченко

Одесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, 65026, г. Одесса, Украина

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕФРИЖЕРАТОРОВ ЛИНДЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ РАБОЧИЕ ТЕЛА. 2. ТРЁХКОМПОНЕНТНЫЕ СМЕСИ

В предыдущей публикации было показано, что бинарные смеси с трёхфазными равновесиями (жидкость – жидкость – пар) как рабочие тела рефрижераторов Линде на уровнях температур охлаждения 120, 150 и 200 К дают возможность существенно улучшить энергетические характеристики регенеративного цикла с однократным дросселированием. В данной публикации, продолжающей цикл статей по теории рефрижераторов Линде, рассматриваются вопросы обоснованного выбора компонентов для формирования эффективных трёхкомпонентных смесей, решаются задачи определения оптимальных составов таких смесей и давлений в действительных циклах рефрижераторов Линде, соответствующих экстремумам холодопроизводительности или эксергетического КПД. Оптимизационные расчёты подтверждают увеличение холодопроизводительности и эксергетического КПД рефрижераторов Линде при переходе с бинарных на трёхкомпонентные смеси оптимальных составов.

Ключевые слова: рефрижератор Линде; холодопроизводительность; эксергетический КПД; трёхфазные равновесия; бинарные смеси; трёхкомпонентные смеси; оптимальный состав смеси.

In the previous publication it was shown, that binary mixes with three-phase equilibrium (liquid – liquid – vapor) as working bodies of Linde refrigerators on levels temperatures of cooling 120, 150 and 200 K enable essentially to improve power characteristics of a regenerative cycle with unitary throttle control. In the given publication continuing cycle articles on the theory of Linde refrigerators, questions of the proved choice of components for formation of effective three-componential mixtures are considered, problems definition optimum structures such mixtures and pressure in the valid cycles of Linde refrigerators appropriate extremums of refrigerating capacity or exergtic efficiency are solved. Optimization calculations confirm increase refrigerating capacity and exergtic efficiency of Linde refrigerators at transition with binary on three-componential mixtures of optimum structures.

Key words: Linde refrigerator; refrigerating capacity; exergtic efficiency; three-phase equilibrium; binary mixtures; three-componential mixtures; optimum mixture composition.

ОБОЗНАЧЕНИЯ

C_i — концентрация компонента i ;
 \vec{C} — вектор концентраций компонентов;
 h — энтальпия;
 $h(T_E) = h_l - h_v$ — интегральный изотермический дроссель-эффект при температуре окружающей среды T_E ;
 l — удельная работа сжатия рабочего тела;
 l_p, l_v — две жидкие фазы и пар, находящиеся в равновесии;
 $k(s)$ — удельная работа адиабатного сжатия при $s = \text{const}$;
 $k(T_E)$ — удельная работа изотермического сжатия при температуре окружающей среды T_E ;
 p — давление;
 p_1, p_2 — давления обратного и прямого потоков в цикле Линде (давления всасывания и нагнетания компрессора);
 $p_{sm}(T)$ — давление трёхфазного (жидкость – жидкость – пар) равновесия в бинарной смеси;
 $q(T_R)$ — удельная холодопроизводительность рефрижератора;
 $Q(T_R)$ — холодопроизводительность рефрижератора;
 q_h — потеря холодопроизводительности, вызванная теплопритоками из окружающей среды;
 q_r — потери холодопроизводительности из-за неполноты регенерации тепла (от недорегенерации на тёплом конце

теплообменника) в рекуперативном теплообменнике;
 s — энтропия;
 T — температура;
 T_R, T_E — температуры, соответственно, криостатирования (охлаждения) и окружающей среды;
 $\eta_e(\psi)$ — электрический КПД компрессора;
 η_{ex} — эксергетический КПД рефрижератора Линде;
 $\lambda(\psi)$ — коэффициент подачи компрессора;
 Θ_{12} — параметр уравнения состояния Редлиха-Квонга-Вильсона, учитывающий разнородные взаимодействия компонентов;
 ψ — степень повышения давления в компрессоре.

ИНДЕКСЫ

Подстрочные

E — для температуры окружающей среды;
 i — для компонента смеси;
 R — для температуры охлаждения (криостатирования);
 sm — для температуры трёхфазного равновесия бинарной смеси.

Надстрочные

* — оптимальный параметр.

СОКРАЩЕНИЯ

Ж, П — жидкая и паровая фазы смеси;
 КПД — коэффициент полезного действия;
 МРТ — многокомпонентное рабочее тело.