

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

На правах рукописи

ЧАН АНЬ КЫОНГ

ПЕРЕВОД НА ОЗОНОНЕРАЗРУШАЮЩИЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ
АГРЕГАТОВ БЫТОВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ,
РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТРОПИЧЕСКОГО КЛИМАТА

Специальность: 05.04.03 – Машины и аппараты холодильной
и криогенной техники и систем
кондиционирования

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса – 1993



Работа выполнена в Одесском институте низкотемпературной
техники и энергетики.

Главный руководитель:

доктор технических наук,
профессор Г. К. ЛАВРЕНЧЕНКО

Главные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор В. И. МИЛОВАНОВ

доктор технических наук,
профессор А. А. ВАССЕРМАН

Ведущая организация:

АЮ "Веста", г. Киев

Защита диссертации состоится "28" 06 1993 года
в "11" час. "00" мин. на заседании специализированного совета
К.066.27.01 при Одесском институте низкотемпературной техники и
энергетики по адресу: 2/0100, г. Одесса, ул. Петра Великого, 1/3,
ОИИТЭ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИИТЭ.

Автореферат разослан "24" 05 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного
совета, д.т.н.,
профессор

Р. К. Никульшин

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Перевод бытовой холодильной техники на озонобезопасные хладагенты в настоящее время является одной из актуальных проблем не только для развитых стран, но и для развивающихся, таких как СРВ, общий парк холодильников и морозильников в которой составляет примерно 8-10 млн. штук. Это связано с тем, что в ряде ведущих стран согласно Монреальскому Протоколу (1987 г.) и решениям последующих международных конференций (Хельсинки, 1989 г.; Лондон, 1990 г.; Берлин, 1992 ..) введены в действие программы прекращения до 2000 г. производства и применения озоноразрушающих веществ. Поиск новых озононеразрушающих хладагентов представляет собой довольно сложную научно-техническую и технологическую задачу.

Хладагент R134a, рекомендуемый как альтернатива R12, уступает последнему прежде всего по энергетическим и температурным показателям герметичного компрессора. Поэтому он не подходит для применения в условиях тропического климата. Более того, R134a является дорогостоящим и труднодоступным веществом для условий экономики Вьетнама; требует использования новых синтетических масел вместо дешевых минеральных.

Наиболее перспективным путем решения этой проблемы является применение многокомпонентных рабочих тел, в частности, бинарных смесей, формируемых на основе известных экологически чистых веществ R218(C₂F₈) и R21(CHCl₂F).

Цель настоящей работы заключалась в следующем:

1. Экспериментальное исследование фазовых равновесий (жидкость-пар, жидкость-жидкость и жидкость-жидкость-пар) системы R218-R21.
2. Разработка единого уравнения состояния (EVC), адекватно описывающего термодинамические свойства смеси R218-R21 в исследуемом интервале температур и давлений.
3. Определение оптимального состава смеси R218-R21 для парокомпрессорных холодильных циклов, реализуемых с герметичным поршневым компрессором, и построение диаграммы давление-энтальпия P-h (для оптимальной концентрации) с точностью, необходимой для инженерных расчетов.
4. Экспериментальное исследование герметичного поршневого компрессора и агрегата бытового холодильника на смеси R218-R21

для получения информации об энергетических, эксплуатационных и других показателях; анализ результатов и сравнение их с данными для R12 и R134a.

5. Испытание двухкамерного холодильника и морозильника на смеси R218-R21 оптимального состава.

Научное положение, защищаемое в работе. В условиях высоких температур воздуха, характерных для тропического климата Вьетнама, использование в качестве альтернативы R12 и R134a экологически чистого рабочего тела на основе смеси R218-R21 (0,83/0,17) приводит к снижению термонапряженности компрессора, повышению энергетической эффективности и долговечности агрегатов бытовых холодильников и морозильников.

Кроме этого в работе защищаются следующие новые научные результаты:

1. Информация о кривой расслоения и $P-T-X$ - данные смеси R218-R21 в широком диапазоне давлений и температур. Параметры критической точки расслоения (критической точки жидкость-жидкость-пар).

2. Параметры трехконстантного EVC, позволяющего адекватно описывать термодинамические свойства смеси R218-R21 во всем диапазоне, интересующем разработчиков бытовой холодильной техники.

3. Данные и диаграмма давления-энтальпия $P-h$ смеси R218-R21 (0,83/0,17), имеющие точность, достаточную для практических инженерных расчетов холодильных циклов.

4. Данные об энергетических и температурных характеристиках герметичного компрессора ККБ5-ЛБН и агрегата двухкамерного холодильника КЩД-270/80 на R12, R134a и смеси R218-R21(0,83/0,17).

5. Данные о теплоэнергетических характеристиках работы двухкамерных холодильников и морозильников на смеси R218-R21(0,83/0,17).

Практическая ценность работы. Полученная диаграмма давление-энтальпия смеси R218-R21 (0,83/0,17) оптимального состава позволяет проводить расчеты циклов пароконденсаторных холодильных машин. Смесь R218-R21 можно рекомендовать для замены R12 в компрессорных холодильниках и морозильниках, работающих как в странах с тропическим климатом, так и в нормальных климатических зонах.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались на Всесоюзной научно-технической конференции "Холод - народному хозяйству" (г. Ленинград, 1991г.).

Публикации. По теме диссертации имеются 2 публикации.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованных источников и приложения. диссертация содержит 161 страницу машинописного текста, 7 таблиц, 31 рисунок, библиография включает 61 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

I. Поиск рабочего тела для систем бытовой холодильной техники как альтернативы R12 и R134a

Широко применяемые до сих пор фреоны R12, R22, R502, R13B1 и смеси на их основе оказываются неблагоприятными для окружающей среды. Их утечки в атмосферу приводят к разрушению озонового слоя и глобальному потеплению. Поиск эффективных альтернативных заменителей фреонов поэтому является одной из актуальных задач современной холодильной техники.

Хладагент R134a, рекомендуемый как альтернатива R12, в связи с повышенной термонапряженностью герметичного компрессора, низкой энергетической эффективностью, несовместимостью с существующими минеральными маслами и высокой стоимостью не пригоден для модернизации и ремонта холодильников и морозильников Вьетнама.

Один из перспективных путей решения этой проблемы - применение наряду с чистыми хладагентами смесей экологически чистых веществ. Теоретические разработки и экспериментальные исследования многокомпонентных рабочих тел (МРТ) для парокомпрессорных холодильных машин проводились Бродяским В.М., Боярским М.Ю., Чайковским В.Ф., Кузнецовым А.П., Никольским В.А., Хмельнюком М.Г. и др.

В связи с поставленной задачей и общей методикой формирования МРТ, а также на основании изучения свойств известных агентов была выбрана смесь на основе R218 (C_3F_8), которая сама по себе обеспечивает низкую термонапряженность герметичного компрессора. Для улучшения энергетической эффективности и получения хорошей растворимости с холодильными маслами к R218 предложено добавлять R21 ($C_4H_8F_2$). При выборе компонентов также учтены экономические и эксплуатационно-технические вопросы использования смеси R218-R21 в народном хозяйстве СРВ.

В дальнейшем работа посвящена всесторонним исследованиям термодинамических свойств смеси R218-R21 и также исследованиям энергетических, объемных и температурных характеристик герметич-

ного компрессора и агрегата бытового холодильника при работе на данной смеси.

2. Термодинамическое обеспечение расчетов циклов и агрегатов систем бытовой холодильной техники при использовании смеси R218-R21

Предлагаемая нами смесь R218-R21 практически не изучена. Описать ее свойства без экспериментальных данных не представлялось возможным. Для получения информации о фазовых равновесиях в смеси типа жидкость-пар, жидкость-жидкость и жидкость-жидкость-пар был создан экспериментальный стенд.

Экспериментальный стенд состоит из прозрачной измерительной ячейки, термостата и приборов для определения температуры, давления и состава смеси. Благодаря небольшому объему рабочей ячейки, созданный экспериментальный стенд позволяет исследовать P-T-X соотношения смеси в широком интервале давлений (0-4 МПа) и температур (77-330 К) с высокой точностью (до 1%). При исследовании фазовых равновесий жидкость-жидкость использован синтетический метод визуальных наблюдений, а при изучении парожидкостных равновесий - статический метод точки кипения - точки росы. Эти методы являются одними из наиболее точных, надежных и простых в своем классе исследований.

Эксперименты проведены для следующих составов Z смеси R218-R21: 0,0726; 0,0890; 0,1405; 0,2086; 0,2795; 0,3159; 0,4242; 0,5295; 0,5993; 0,8443 моль/моль по R218. В опытах измерялись следующие величины:

- давление парожидкостного равновесия (при исследовании равновесий жидкость-пар);
- температура расслоения (при исследовании равновесий жидкость-жидкость и жидкость-жидкость-пар).

Результаты исследований фазовых равновесий иллюстрируются рисунками 1 и 2.

Обработка опытных данных о фазовых равновесиях смеси R218-R21 показывает следующее:

- смесь R218-R21 характеризуется положительным отклонением от закона Рауля;
- система R218-R21 имеет зону ограниченной растворимости с верхней критической температурой 248,4 К (при $Z_{кр} = 0,43$ моль/моль по R218);
- смесь R218-R21 является гетероэазеотропным раствором втр-

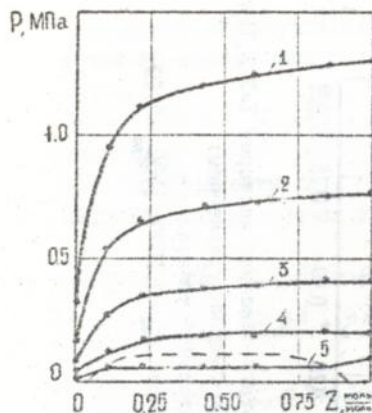


Рис. 1. Изотермы равновесия смеси R218-R21 при температурах: 1 - 313,15; 2 - 293,15; 3 - 273,15; 4 - 253,15; 5 - 233,15 K.

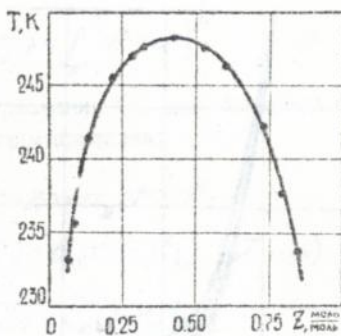


Рис. 2. Кривая расслоения смеси R218-R21.

рого типа.

Для описания термодинамических свойств системы R218-R21 были выбраны уравнения состояния Редлиха-Квонга в модификациях Вильсона (РКВ) и Соваза (РКС). Однако все они не дали приемлемой точности (рис. 3). Средняя погрешность δP_{exp} при этом составляет: 25,5% для РКВ; 12,2% для одноконстантного уравнения РКС и 16,4% для двухконстантного уравнения РКС.

На основании анализа полученных результатов, а также необходимости улучшить качество описания свойств смеси было решено применить трехконстантное кубическое уравнение состояния в виде:

$$P = RT \left[\frac{1}{v-b} - \frac{a(T)}{v(v+c)} \right]. \quad (1)$$

Для i -го компонента смеси коэффициенты уравнения (1) определяются по следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} b_i &= \beta v_{cr,i}; \\ c_i &= v_{cr,i} (\alpha + \beta - 3); \end{aligned} \quad (2)$$

$$a_i(T) = 4,934 b_i \frac{T_{cr,i}}{T} \left[1 + m_i \left(1 - \sqrt{\frac{T}{T_{cr,i}}} \right) \right]^2, \quad i = 1, 2,$$

где $\alpha = \frac{RT_{cr,i}}{P_{cr,i} v_{cr,i}}$; $\beta = 0,2599$.

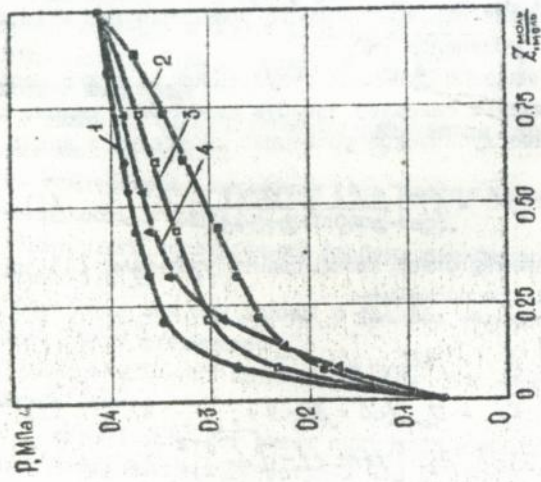


Рис.3. Результаты описания изотермы T=273, 15К
о уравнениями РКВ и РКС:
1- экспериментальная кривая; 2- расчетная по
ЕУС РКВ при $\theta_{12} = -3,56$; 3- расчетная по ЕУС
РКС при $\lambda_{12} = 0,08155$; 4- расчетная по ЕУС
РКС при $\lambda_{12} = 0,2495$ и $\theta_{12} = 0,31$.

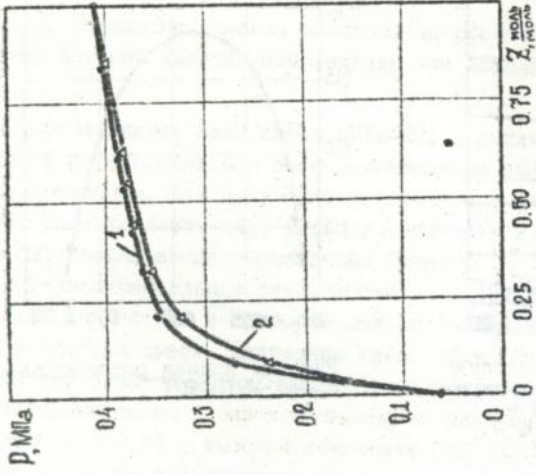


Рис.4. Результаты описания изотермы T=273, 15К
трехконстантным уравнением:
1- экспериментальная кривая;
2- расчетная при $\lambda_{12} = 0,15775$; $\theta_{12} = 0,19$;
 $\theta_{12} = -0,025$.

Поиск π_i осуществляется для множества экспериментальных точек на линии насыщения минимизацией целевой функции:

$$F_i = \sum_{j=1}^N \left[\rho_j(v_j'' - v_j') - \int_{v_j'}^{v_j''} \rho dv \right]^2 \quad (3)$$

Коэффициенты a_m , b_m , c_m уравнения (I) для бинарной смеси R2I8-R2I комбинируются по следующим правилам:

$$\begin{aligned} a_m &= a_1 Z^2 + 2a_{12} Z(1-Z) + a_2 (1-Z)^2; \\ b_m &= b_1 Z^2 + 2b_{12} Z(1-Z) + b_2 (1-Z)^2; \\ c_m &= c_1 Z^2 + 2c_{12} Z(1-Z) + c_2 (1-Z)^2; \end{aligned} \quad (4)$$

где $a_{12} = \sqrt{a_1 a_2} (1 - \kappa_{12})$; $b_{12} = 0,5(b_1 + b_2)(1 - \theta_{b_{12}})$; $c_{12} = 0,5(c_1 + c_2)(1 - \theta_{c_{12}})$.

Параметры κ_{12} , $\theta_{b_{12}}$, $\theta_{c_{12}}$ найдены из условий минимизаций функционала:

$$F_m = \sum_{j=1}^N (x_{экj} - x_{расчj})^2, \quad (5)$$

где $x_{эк}$ и $x_{расч}$ - экспериментальные и расчетные составы жидкой смеси.

Принимая значение v_{2m} компонентов варьируемой величиной, обеспечивающей в процессе оптимизации итоговое наилучшее описание кривых упругости чистых веществ и фазовых диаграмм смеси, были получены следующие значения параметров для компонентов и смеси R2I8-R2I:

$$\begin{aligned} b_1 &= 0,06311643; & b_2 &= 0,03688461; \\ c_1 &= 0,1732986; & c_2 &= 0,1436502; \\ \pi_{v_1} &= 0,8971894; & \pi_{v_2} &= 0,6321161; \\ v_{ср_1} &= 0,31333 \text{ м}^3/\text{кмоль}; & v_{ср_2} &= 0,20584 \text{ м}^3/\text{кмоль}; \\ \kappa_{12} &= 0,13775; & \theta_{b_{12}} &= 0,19; & \theta_{c_{12}} &= -0,025. \end{aligned}$$

Качество описания фазовых равновесий уравнением (I) характеризуется рис. 4. Среднее отклонение расчетных значений давления равновесия от экспериментальных для изотермы $T = 273,15 \text{ К}$ составляет $\sigma_{до}^p = 5,2\%$. Такая точность позволяет воспользоваться уравнением (I) в качестве основы для расчетного анализа цикла системы охлаждения.

5. Определение оптимального состава смеси R2I8-R2I

Так как экспериментальный выбор оптимального состава очень сложен и трудоемок, была использована методика расчетно-экспериментального поиска. Она состояла в следующем: на основе разработанного единого уравнения состояния (I) и с помощью эффективного алгоритма в первом приближении был найден оптимальный состав смеси R218-R21; дальнейшими экспериментами, проводившимися в окрестности этой концентрации, было осуществлено его окончательное уточнение.

В качестве целевых функции выбраны удельная объемная холодопроизводительность q_{ov} и холодильный коэффициент ϵ .

Полученные данные оптимизационных расчетов представлены на рис. 5, из которого видно, что оптимальные концентрации, соответствующие максимумам q_{ov} и ϵ , оказались близкими. Поэтому было выбрано среднее значение $Z = 0,83$ моль/моль ($C = 0,90$ кг/кг). Правильность этого выбора подтверждается экспериментальными исследованиями. Важным обстоятельством является тот факт, что максимальным значениям q_{ov} и ϵ отвечает минимум степени повышения давления π .

4. Диаграмма давление-энтальпия P-h смеси R218-R21 (0,83/0,17)

Расчет kalorических свойств смеси оптимального состава и ее компонентов осуществлялся с помощью уравнения (I) и известных термодинамических соотношений.

Расчетные результаты, полученные для смеси R218-R21 (0,83/0,17) в области давлений 0,10-2,80 МПа и температур 243-413 К, представлены с помощью P-h диаграммы (рис. 6). Как видно из диаграммы, смесь R218-R21 характеризуется наличием положительной теплоемкости на правой пограничной кривой. Это приводит к снижению термонапряженности герметичного компрессора и повышению эффективности применения регенерации тепла в цикле парокомпрессорных холодильных машин (ПКМ), работающих на данном рабочем теле.

5. Результаты сравнительных исследований герметичного поршневого компрессора, агрегата бытового двухкамерного холодильника, холодильника и морозильника при работе на различных хладагентах

Для исследований компрессора и агрегата были спроектированы экспериментальные стенды, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 17008-85 и ГОСТ 16317-87 (рис. 7). В качестве объекта исследований бы-

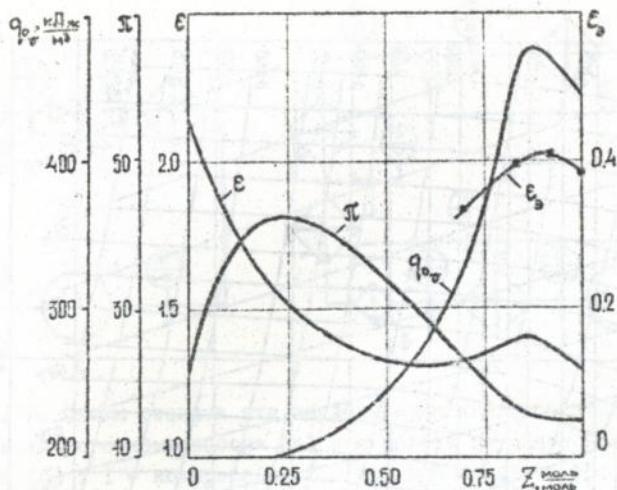


Рис. 5. Основные энергетические характеристики цикла ПХМ при работе на смеси R216-R21 при $T_0 = 243$; $T_K = 328$; $T_{BC} = 293$ К $\epsilon, \pi, q_{0,c}$ - расчетные значения холодильного коэффициента, степени повышения давления и удельной объемной холодопроизводительности; ϵ_3 - экспериментальные значения электрического холодильного коэффициента компрессора ХКВ5-ЦБМ.

ли выбраны герметичный компрессор ХКВ5-ЦБМ и двухтемпературный агрегат со штатным конденсатором холодильника КЦД-270/60 и компрессором ХКВ5-ЦБМ.

В опытах определяли следующие величины:

- энергетические характеристики компрессора (холодопроизводительность, потребляемая мощность, электрический холодильный коэффициент)¹;
- температурные характеристики компрессора (температуры масла в кожухе, обмоток электродвигателя и хладагента на выходе)²;
- энергетические характеристики агрегата (холодопроизводительности на различных температурных уровнях, эксергетический КЦД агрегата)³.

¹ Погрешности составляют, соответственно, 2,3; 1,1 и 4,3%.

² Погрешности определения температур находятся в пределах до 1,8%.

³ Погрешности составляют, соответственно, 2,3 и 5,3%.

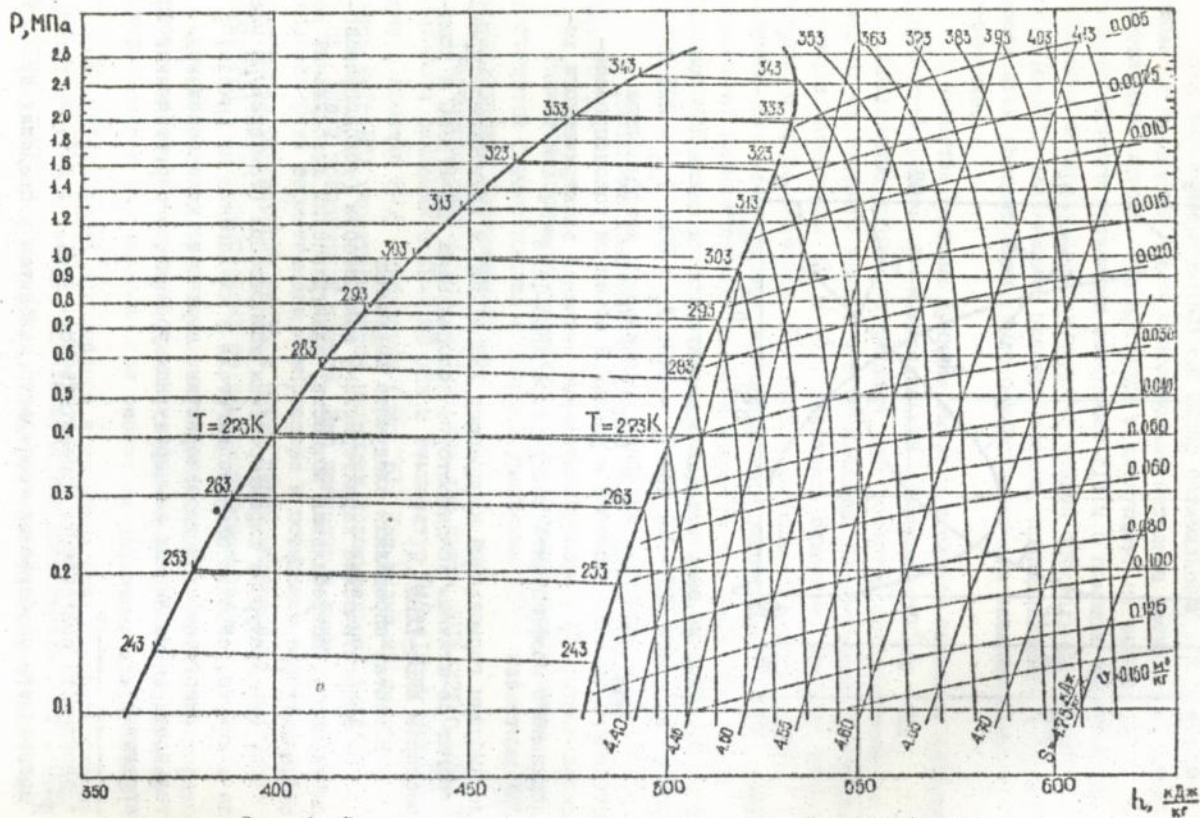


Рис. 6. Диаграмма давление-энтальпия смеси R218-R21 (0,83/0,17).

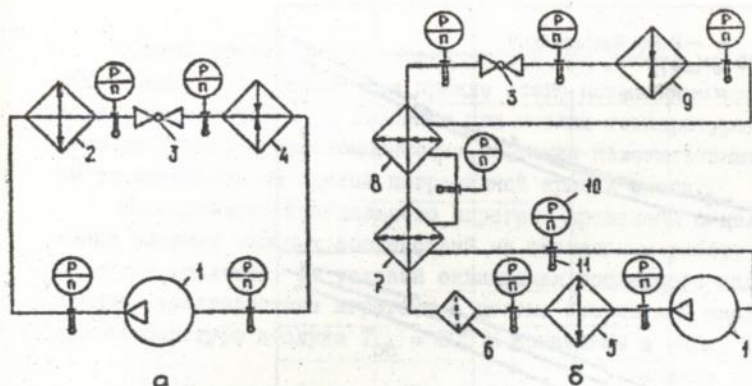


Рис. 7. Схемы стендов для исследования характеристик поршневого герметичного компрессора (а) и агрегата двухкамерного холодильника (б): I - компрессор; 2 - водяной конденсатор; 3 - регулирующийся дроссельный вентиль; 4 - calorиметр; 5 - воздушный конденсатор; 6 - фильтр-осушитель; 7 - рекуперативный теплообменник; 8 - высокотемпературный calorиметр; 9 - низкотемпературный calorиметр; 10 - манометры; 11 - термодпары.

Экспериментальные данные, полученные в ходе исследований герметичного компрессора, представлены в виде графиков зависимости энергетических и температурных характеристик от температуры кипения при температурах конденсации $T_k = 303, 313$ и 328 K для каждого из исследуемых хладагентов. на рис. 8 приведены эти зависимости для $T_k = 328$ K.

При температуре конденсации $T_k = 303$ K холодопроизводительность компрессора Q_0 при работе на смеси R218-R21 (0,83/0,17) больше по сравнению с R12 и R134a, соответственно, на 12-15 и 10-13%; электрический холодильный коэффициент ϵ_0 при работе на смеси R218-R21 (0,83/0,17) также больше на 3-5 и 4-6%, а общая термонапряженность $T_{об}$ ниже на 8-10 и 16-18 K.

При $T_k = 328$ K холодопроизводительность компрессора при работе на смеси R218-R21 (0,83/0,17) практически не отличается от холодопроизводительности для R12, но больше по сравнению с R134a на 9-11%. Однако электрический холодильный коэффициент меньше, чем для R12 на 2-4%, но больше, чем для R134a на 3-5%. Общая термонапряженность компрессора при использовании смеси ниже на 11-13 и 19-21 K по сравнению с R12 и R134a, соответственно.

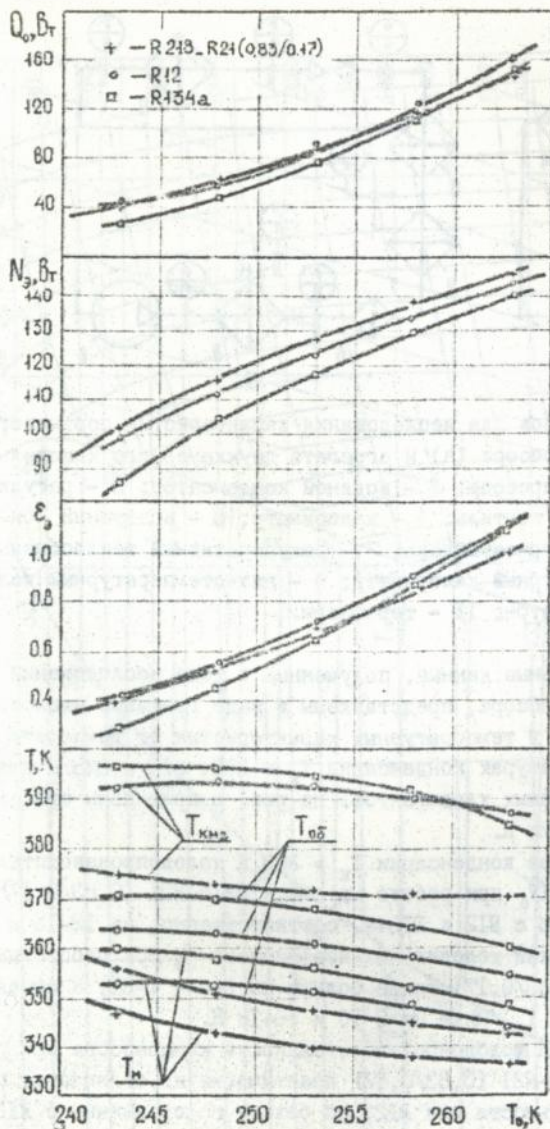


Рис. 8. Основные энергетические и температурные характеристики компрессора ХКВ5-ЛАЕМ при $T_R = 328 K$.

Низкий уровень термонапряженности при работе на смеси R218-R21 (0,83/0,17) объясняется прежде всего повышенным массовым расходом хладагента \bar{G}_a , особенно при низких температурах кипения и высоких температурах конденсации, а также положительным значением теплоемкости на правой пограничной кривой смеси.

Исследования холодильного агрегата проведены с целью определения влияния внешних воздействий на совместную работу компрессора и конденсатора. От условий охлаждения последнего зависят основные характеристики агрегата в целом. Результаты экспериментов при температуре воздуха $T_{oc} = 305$ К приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетно-экспериментальные данные исследований агрегата бытового двухкамерного холодильника ($T_{oc} = 305$; $T_{oI} = 255$; $T_{o2} = 278$ К)

Хладагент	Q_o , Вт	Q_2 , Вт	$\sum Q_o$, Вт	θ	N_g , Вт	η_e , %
RI2	35	52	87	0,40	110	10,8
RI34a	32	49	81	0,40	107	10,3
R218-R21 (0,83/0,17)	45	48	93	0,48	119	11,3

Применение смеси R218-R21 (0,83/0,17) в агрегате приводит к повышению суммарной холодопроизводительности на 10 и 15% по сравнению с RI2 и RI34a, соответственно. Эксергетический КПД η_e возрастает незначительно при работе на R218-R21 (0,83/0,17), а параметр распределения суммарной холодопроизводительности θ смещается в область больших значений ($\theta = 0,45-0,55$).

В соответствии с ГОСТ 16317-87 проводились экспериментальные исследования теплотехнических характеристик двухкамерных холодильников и морозильников серийных моделей ("Норд"-214 и "Гиссел"-101) при работе на хладагентах RI2, RI34a и смеси R218-R21 (0,83/0,17). Результаты испытаний приведены в табл. 2 и 3.

Видно, что при сохранении функциональных показателей в исследуемых моделях двухкамерных холодильников и морозильников, работающих на смеси R218-R21 (0,83/0,17), суточное энергопотребление соизмеримо с его значением при работе на RI2, а по сравнению с RI34a меньше на 5-10%.

Таблица 2
Результаты испытаний двухкамерного холодильника
"Норд - 214"

Хладагент	R12		R134a		R218-R21 (0,83/0,17)	
	298	305	298	305	298	305
T_{oc}, K						
$T_{хк}, K$	276,2	277,4	276,4	277,3	276,6	277,7
$T_{нк}, K$	255,1	254,5	255,2	254,9	254,9	254,6
$E, кВт \cdot ч/сут$	1,55	2,28	1,68	2,52	1,53	2,28
$M_3, Вт$	150	155	140	145	165	170
KPB	0,43	0,73	0,63	0,88	0,36	0,62
$D, гр$	155	155	150	150	160	160

Таблица 3
Результаты испытаний морозильника "Гисчел-101"

Хладагент	R12		R134a		R218-R21 (0,83/0,17)	
	298	305	298	305	298	305
T_{oc}, K						
$T_{мк}, K$	255,1	255,2	255,0	255,2	254,8	255,0
$E, кВт \cdot ч/сут$	1,26	1,61	1,48	1,95	1,24	1,60
$M_3, Вт$	110	115	100	105	115	120
KPB	0,48	0,53	0,66	0,82	0,42	0,48
$D, гр$	100	100	90	90	105	105

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Смесь R218-R21 характеризуется положительным отклонением от закона Рауля и имеет зону ограниченной растворимости с верхней критической точкой ($T_{кр} = 248,4 K$; $Z = 0,43$ моль/моль).

2. Трекконстантное уравнение состояния позволяет с точностью, достаточной для технических расчетов, описать термодинамические свойства и фазовые равновесия смеси R218-R21. Построенная диаграмма давление-энтальпия смеси R218-R21 (0,83/0,17) может быть использована в практических расчетах циклов холодильных машин.

3. Оптимальным является состав смеси R218-R21: $Z = 0,83$ моль/моль ($C = 0,90$ кг/кг), определенный расчетно-экспериментальным путем.

4. Применение смеси R218-R21 (0,83/0,17) позволяет, по сравнению с R12 и R134a, повысить энергетическую эффективность агрегата на 3-6% и существенно снизить термонапряженность компрессора (на 10-20 К).

5. На правой пограничной кривой смеси R218-R21 наблюдается положительная теплоемкость, что делает эффективным применение регенерации тепла в цикле ПХМ.

6. Смесь R218-R21 (0,83/0,17) можно рекомендовать в качестве альтернативы R12 и R134a для модернизации или ремонта бытовых холодильных систем, работающих как в странах тропического климата, так и в нормальных климатических зонах.

Дубликации по материалам диссертации:

1. Применение новых озонобезопасных экологически чистых хладагентов для повышения энергетической эффективности компрессорных бытовых систем одностепенного охлаждения /Лавренченко Г.К., Логина Н.И., Артеменко Н.И., Чан ань Кьонг. - В кн.: Бессознательная научно-техническая конференция "Холод - народному хозяйству". Тез. докл. Л., 1991. - С. 129-130.

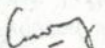
2. Чан ань Кьонг, Лавренченко Г.К., Хмельнюк М.Г. Исследования фазовых равновесий в смеси R21-R218. // Холодильная техника и технология. Респ. межвед. научн.-техн. сб. - Вып. 54. - С. 55-59.

Условные обозначения.

T - температура; P - давление; v - удельный объем; S - удельная энтропия; h - удельная энтальпия; x и y - равновесные составы жидкой и паровой фаз, соответственно; Z, C - валовой мольный и массовый составы смеси, соответственно; N - число опытных точек; $a, b, c, m, k_{12}, \theta_{a12}, \theta_{c12}$ - параметры трехконстантного кубического ЭУС, определяемые по экспериментальным данным; q_{0v}, π, ϵ - удельная объемная холодопроизводительность, степень повышения давления и холодильный коэффициент; Q_0, N_3, ϵ_3 - холодопроизводительность, потребляемая мощность и электрический холодильный коэффициент; G_a - расход хладагента; Q_{01}, Q_{02} - холодопроизводительности на температурных уровнях T_{01} и T_{02} , соответственно; ΣQ_0 - суммарная холодопроизводительность; θ - параметр распределения суммарной холодопроизводительности; η_e - энергетичес-

кий КПД; E - суточное энергопотребление; КРВ - коэффициент рабочего времени; D - доля заправки.

Индексы: 1, 2, m - R218, R21 и смесь R218-R21, соответственно; сг - критический; к - конденсация; о - кипение; вс - всасывание; км₂ - агент на выходе из компрессора; об - обмотка; м - масло; ос - окружающая среда; мк - морозильная камера; хх - холодильная камера; экс - экспериментальный; расч - расчетный; ' и " - равновесные жидкость и пар.


ТАС

465887

AB 27.724

AB 27.724