

Автореферат 9
4-18

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

На правах рукописи

ЧАН АНЬ КЬОНГ. КЬОНГ

ПЕРЕВОД НА ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ
АГРЕГАТОВ ВЬТОВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ,
РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТРОПИЧЕСКОГО КЛИМАТА

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

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса – 1993

Работа выполнена в Одесском институте низкотемпературной техники и энергетики.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор Г. К. ЛАВРЕНЧЕНКО

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор В. И. МИЛОВАНОВ

доктор технических наук,
профессор А. А. ВАССЕРМАН

Ведущая организация: ИЮ "Веста", г. Киев

Защита диссертации состоится "28" 06 1993 года
в "11" час. " " мин. на заседании специализированного совета
К.038.27.01 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 " " 1993 г.

ЫШИИ

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(C₂H₂F₂).

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 (ЕУС), адекватно описывающего термодинамические свойства смеси R218-R21 в исследуемом интервале температур и давлений.

3. Определение оптимального состава смеси R218-R21 для паро-компрессорных 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

xv1032

Институт холода
ОНАХТ
Библиотека

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 EoS, позволяющего адекватно описывать термодинамические свойства смеси R218-R21 во всем диапазоне, интересующем разработчиков бытовой холодильной техники.

3. Данные и диаграмма давление-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 KKB5-11BN и агрегата двухкамерного холодильника HSD-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 парокомпрессорных 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, R134a 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 (MPT) для парокомпрессорных холодильных машин проводились Бродяжским 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 MPT, а также на основании изучения свойств известных агентов была выбрана смесь на основе R218 (C_2F_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 (CH_2FCF_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-z 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; 0,0990; 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 гетероазетропным раствором вто-

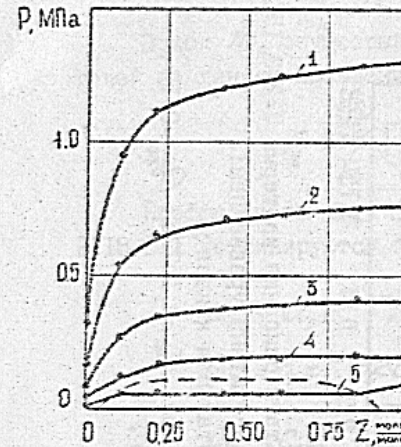


Рис. 1. Изотермы равновесия смеси R218-R21 при температурах: 1 - 313,15; 2 - 293,15; 3 - 273,15; 4 - 253,15; 5 - 233,15 К.

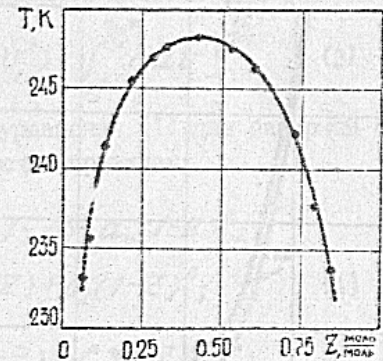


Рис. 2. Кривая расслоения смеси R218-R21.

рого типа.

Для описания термодинамических свойств системы R218-R21 были выбраны уравнения состояния Редлиха-Квонга в модификациях Вильсона (РКВ) и Сова (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 $\alpha = \frac{RT_{cr,i}}{P_{cr,i} v_{cr,i}}; \beta = 0,2599.$

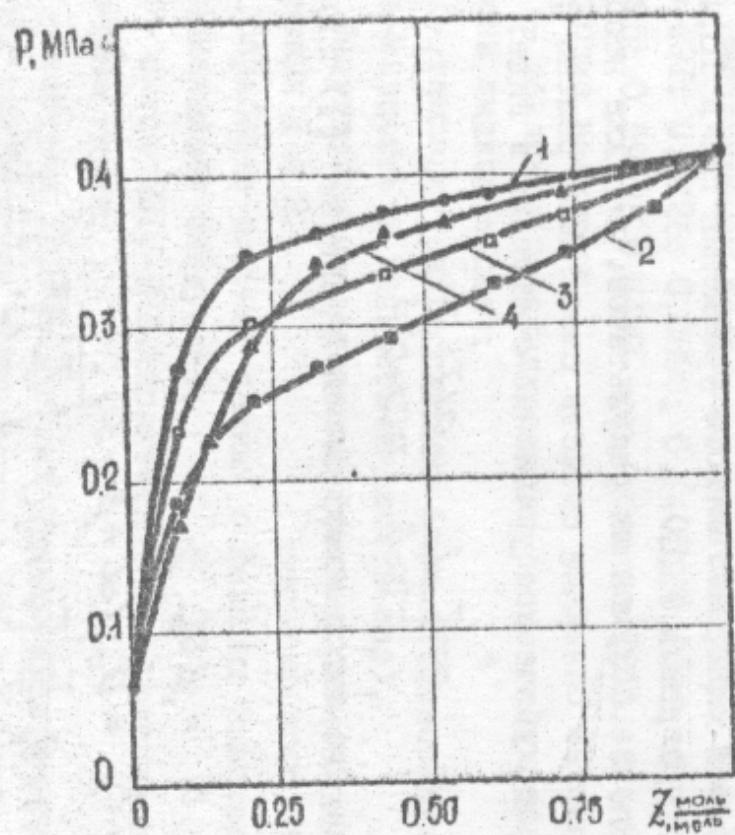


Рис.3. Результаты описания изотермы $T=273,15\text{K}$ уравнениями РКВ и РКС:

1- экспериментальная кривая; 2- расчетная по ЕУС РКВ при $\theta_{12}=-3,56$; 3- расчетная по ЕУС РКС при $\kappa_{12}=0,08155$; 4- расчетная по ЕУС РКС при $\kappa_{12}=0,2495$ и $\theta_{12}=0,31$.

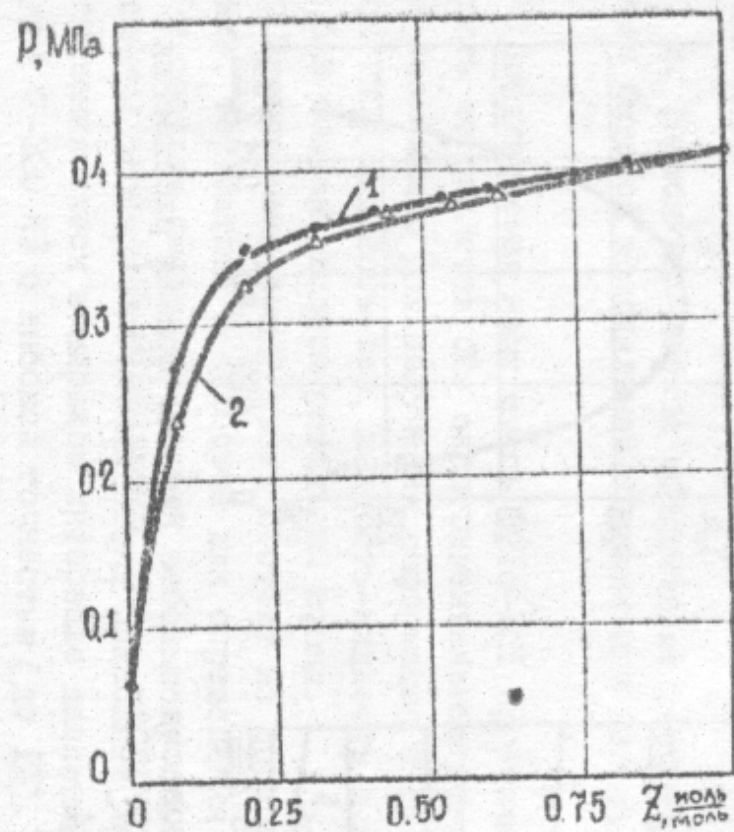


Рис.4. Результаты описания изотермы $T=273,15\text{K}$ трехконстантным уравнением:

1- экспериментальная кривая;
2- расчетная при $\kappa_{12}=0,15775$; $\theta_{E12}=0,19$;
 $\theta_{C12}=-0,025$.

Поиск \mathcal{M}_j осуществляется для множества экспериментальных точек на линиях насыщения минимизацией целевой функции:

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

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

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

где $x_{экj}$ и $x_{расчj}$ - экспериментальные и расчетные составы жидкой смеси.

Принимая значение $\mathcal{U}_{расч}$ компонентом 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:

$$\begin{aligned} b_1 &= 0,06311643; & b_2 &= 0,03688461; \\ c_1 &= 0,1732986; & c_2 &= 0,1436502; \\ \mathcal{M}_1 &= 0,8971894; & \mathcal{M}_2 &= 0,6321161; \\ \mathcal{U}_{сг1} &= 0,31333 \text{ м}^3/\text{кмоль}; & \mathcal{U}_{сг2} &= 0,20584 \text{ м}^3/\text{кмоль}; \\ \kappa_{12} &= 0,15775; & \theta_{b_{12}} &= 0,19; & \theta_{c_{12}} &= -0,025. \end{aligned}$$

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 $\delta P_{ср} = 5,22\%$. Такая точность позволяет воспользоваться уравнением (I) в качестве основы для расчетного анализа цикла системы охлаждения.

3. 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 калорических 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 пароконденсаторных холодильных машин (ПХМ), 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-

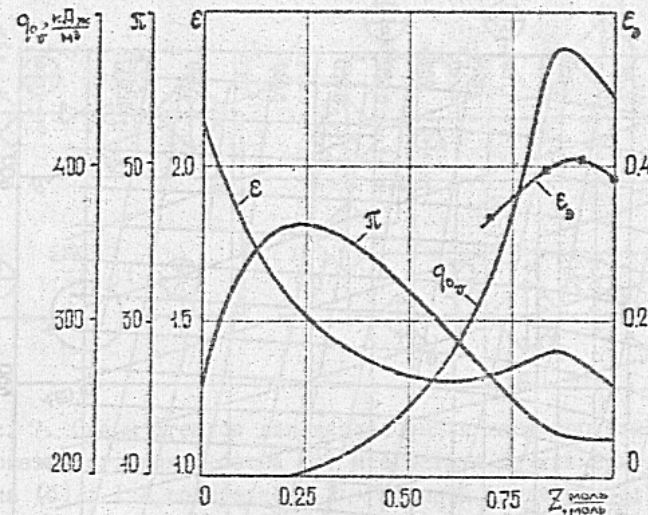


Рис. 5. Основные энергетические характеристики цикла ПХМ при работе на смеси R218-R21 при $T_0 = 243$; $T_K = 328$; $T_{BC} = 293$ К ϵ, π, q_{ov} - расчетные значения холодильного коэффициента, степени повышения давления и удельной объемной холодопроизводительности; ϵ_s - экспериментальные значения электрического холодильного коэффициента компрессора ХКВ5-ЛЛБН.

ли выбраны герметичный компрессор ХКВ5-ЛЛБН и двухтемпературный агрегат со штатным конденсатором холодильника КИД-270/80 и компрессором ХКВ5-ЛЛБН.

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 КПД 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%.

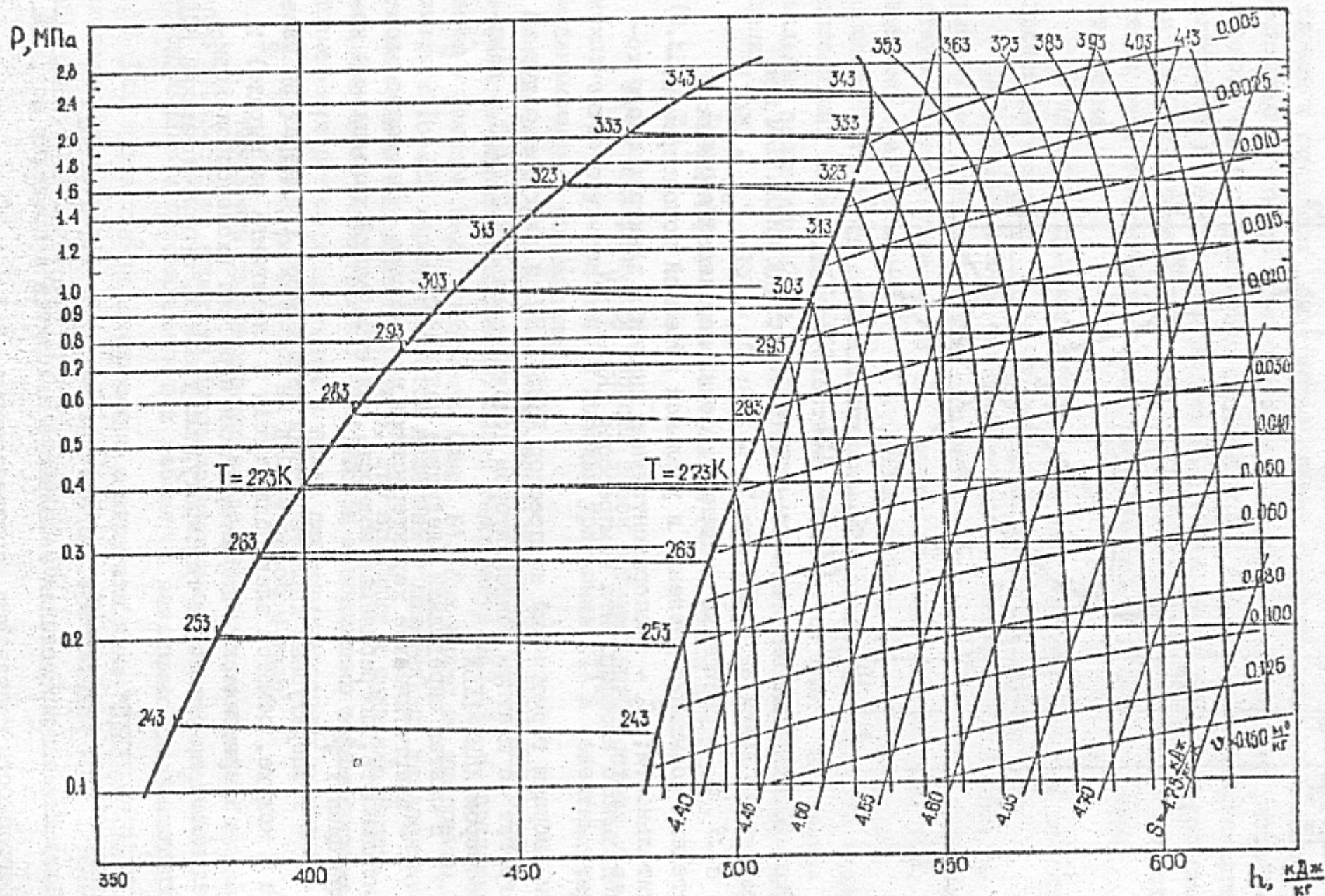


Рис. 6. Диаграмма давление-энтальпия смеси R218-R21 (0,83/0,17).

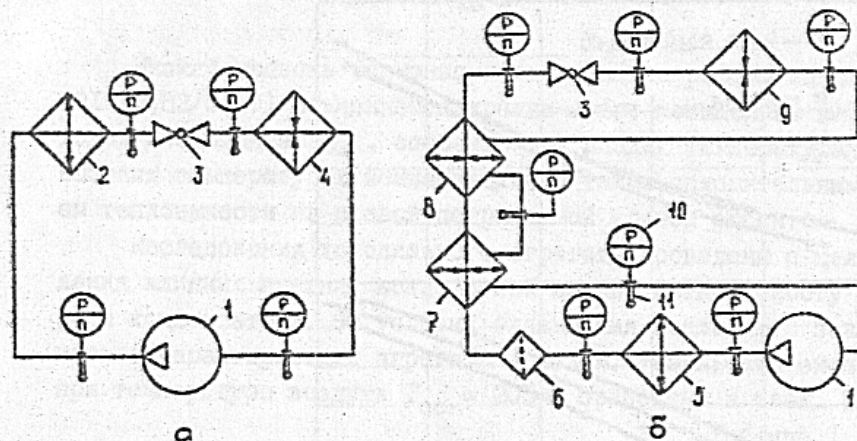


Рис. 7. Схемы стендов для исследования характеристик поршневого герметичного компрессора (а) и агрегата двухкамерного холодильника (б): 1 - компрессор; 2 - водяной конденсатор; 3 - регулирующий дроссельный вентиль; 4 - калориметр; 5 - воздушный конденсатор; 6 - фильтр-осушитель; 7 - рекуперативный теплообменник; 8 - высокотемпературный калориметр; 9 - низкотемпературный калориметр; 10 - манометры; 11 - термопары.

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 К для каждого из исследуемых хладагентов. На рис. 8 приведены эти зависимости для $T_K = 328$ К.

При температуре конденсации $T_K = 303$ К 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_e 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 К.

При $T_K = 328$ К 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 К по сравнению с R12 и R134a, соответственно.

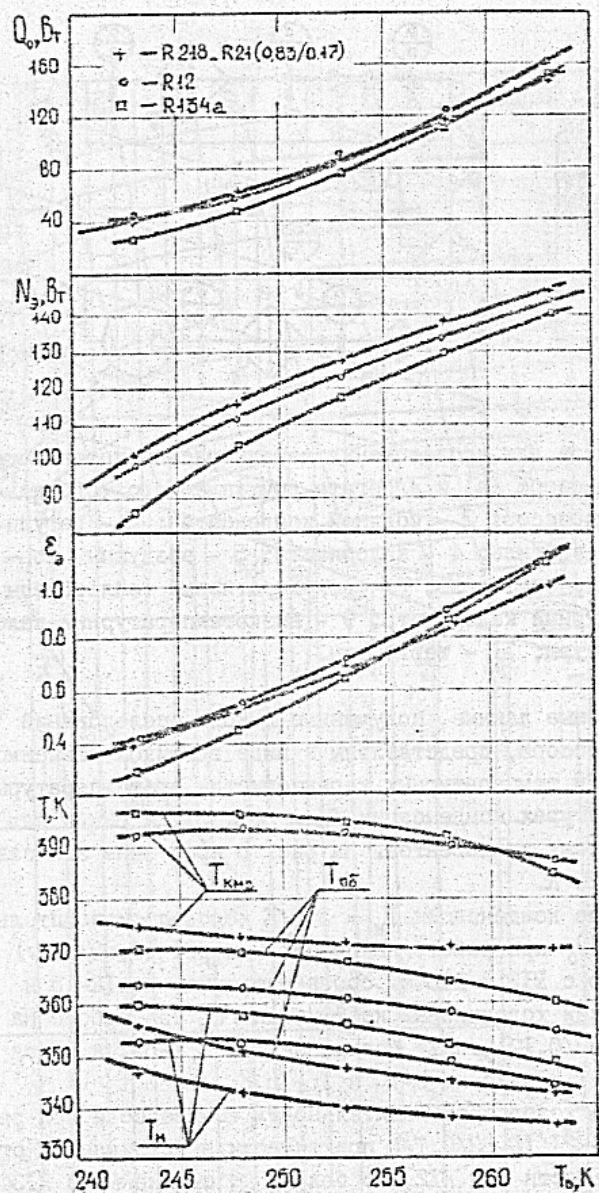


Рис. 8. Основные энергетические и температурные характеристики компрессора ХВ5-ЛВН при $T_F = 326$ К.

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. I.

Таблица I

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

Хладагент	Q_0 , Вт	Q_2 , Вт	ΣQ_0 , Вт	θ	$N_э$, Вт	η_e , %
R12	35	52	87	0,40	110	10,8
R134a	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 R12 и R134a, соответственно. Энергетический 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 теплоэнергетических характеристик двухкамерных холодильников и морозильников серийных моделей ("Норд"-214 и "Гюгел"-101) при работе на хладагентах R12, R134a 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 R12, а по сравнению с R134a 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_{cc}, 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
$N_3, Вт$	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 "Гючел-101"

Хладагент	R12		R134a		R218-R21(0,83/0,17)	
	298	305	298	305	298	305
$T_{мк}, K$	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
$N_3, Вт$	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. Трехконстантное уравнение состояния позволяет с точностью, достаточной для технических расчетов, описать термодинамические свойства и фазовые равновесия смеси R218-R21. Построенная диаграмма давления-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 K).

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.

Цитирования по материалам диссертации:

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

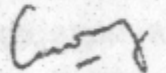
2. Чан Ань Кьонг, Лавренченко Г.К., Хмельняк М.Г. Исследование фазовых равновесий в смеси R21-R218. // Холодильная техника и технология. Респ. межвед. науч.-техн. сб. - Вып. 54. - С. 53-59.

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; $\alpha, \beta, \gamma, \mu, \kappa_{12}, \theta_{e_{12}}, \theta_{e_{22}}$ - параметры трехконстантного кубического ЭУС, определяемые по экспериментальным данным; q_{0cr}, π, ϵ - удельная объемная холодопроизводительность, степень повышения давления и холодильный коэффициент; Q_0, N_3, E_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 - эксергетичес-

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; хк - холодильная камера; экс - экспериментальный; расч - расчетный; ' и '' - равновесные жидкость и пар.


ТАС