

Автореф.  
М69

Одесский технологический институт пищевой промышленности  
им. М. В. Ломоносова

На правах рукописи

МИХНО Юрий Алексеевич

УДК 621.564:536.2

**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ БИНАРНЫХ  
И МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ  
ХЛАДОНОВ**

Специальность 01.04.14 — теплофизика и молекулярная  
физика

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Переучет 1984 г.

Одесса — 1985

Работа выполнена на кафедре теплохладотехники Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Чайковский В. Ф.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Богатырев А. Ф.,  
кандидат технических наук, доцент Железный В. П.

Ведущая организация:

Специализированное конструкторско-технологическое бюро компрессорных холодильных машин производственного объединения «Одесхолодмаш».

Защита состоится 29 августа 1985 г. в 10.30 час. на заседании специализированного совета в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова, 270039, Одесса-39, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова.

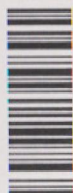
Автореферат разослан „16“ июля 1985 г.

Ученый секретарь специализированного совета канд. техн. наук,  
доцент

Г. И. ЭЛЬКИН


Довід Світлофізичського Бюро.

ОНАХТ 05.09.12  
Теплопроводность бин



v015083

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В "Основных направлениях научно-технического прогресса в области производства и применения искусственного холода до 1990 г.", утвержденных ГКНТ СМ СССР, намечены пути совершенствования существующих и разработки новых холодильных машин и аппаратов. Одна из возможностей повышения эффективности работы холодильного оборудования связана с разработкой и использованием новых рабочих тел - бинарных и многокомпонентных смесей хладагентов. Такие смеси в отличие от индивидуальных хладонов позволяют получать холод на нескольких температурах уровней, увеличивать холодопроизводительность без существенных конструктивных изменений агрегата, улучшить энергетические характеристики и снизить расход потребляемой электроэнергии.

В настоящее время перспективные смеси для достижения умеренно низких температур созданы на основе хладонов R12 и R22. Хладоны R60I (трехкомпонентная смесь R12-R22-R142) и R744/R60I (четырёхкомпонентная смесь R12-R22-R142-R744) с успехом используются в многофункциональных бытовых холодильниках II поколения, перспективны и для холодильных машин большой производительности.

Для расчета и проектирования основных элементов холодильных машин, работающих на смесях агентов, необходимо знать их теплофизические свойства и, в частности, коэффициент теплопроводности. В связи с изложенным, целью настоящей работы является экспериментальное исследование теплопроводности бинарных и многокомпонентных смесей хладонов и разработка на этой основе методики расчета теплопроводности сложных хладагентов по минимальной исходной информации.

Работа выполнена в теплофизической лаборатории кафедры теплохладотехники Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова в соответствии с координационными планами научно-исследовательских работ по комплексной проблеме "Разработка достоверных данных и создание массива стандартных справочных данных о теплофизических свойствах технически важных газов и жидкостей", выполняемых вузами страны в 1981...1985 гг. и по комплексной проблеме "Теплофизика" АН СССР и АН УССР.

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова  
БИБЛИОТЕКА

к. О. 15083

### Научная новизна.

1. Впервые получены экспериментальные данные о теплопроводности двух- и многокомпонентных смесей на основе хладонов R 12, R 22, R 142 и R 744. Изучены температурная, барическая и концентрационная зависимости теплопроводности смесей.

2. Проанализировано уравнение О.Б.Цветкова для расчета теплопроводности бинарных жидких смесей и показано, что введение в это уравнение единой плотностной функции позволяет использовать его и для расчета теплопроводности газовых смесей. Предложена методика расчета теплопроводности многокомпонентных смесей хладонов.

3. Показано, что однопараметрический закон соответственных состояний может быть применен для обобщения данных о теплопроводности двух- и многокомпонентных смесей. На этой основе получено обобщенное уравнение для теплопроводности разреженного газа, сжатого газа, жидкости вдоль линии насыщения, жидкости в однофазной области для сложных хладагентов на основе минимальной исходной информации.

4. Составлены таблицы теплопроводности бинарных смесей хладонов R 12 и R 22, трехкомпонентной смеси R 12, R 22 и R 142 (R 601) и четырехкомпонентной смеси R 12, R 22, R 142 и R 744 (R 744/R 601).

Практическая ценность результатов работы.

В результате проведенных экспериментальных и расчетных исследований составлены таблицы теплопроводности бинарных смесей хладонов R 12 и R 22, хладонов R 601 и R 744/R 601, а также разработана методика расчета теплопроводности многокомпонентных хладагентов. Полученные данные использованы во Всесоюзном научно-исследовательском экспериментально-конструкторском институте электробытовых машин и приборов и в Одесском технологическом институте холодильной промышленности для расчета и оптимизации холодильных агрегатов, работающих на смесях агентов. Таблицы теплопроводности смесей R 12-R 22, R 601 и R 744/R 601 переданы во ВНИИ МВ Госстандарта СССР для их аттестации в качестве рекомендуемых справочных данных. Методика расчета теплопроводности сложных хладагентов может быть использована при создании новых видов холодильных машин, работающих на смесях агентов.

### Автор защищает:

1. Экспериментальные данные о теплопроводности бинарных смесей хладонов R 12 и R 22 при массовых концентрациях  $X_1 = 0,268$ ,  $0,622$  и  $0,782$ ; трехкомпонентной смеси R 12, R 22 и R 142 ( $X_1 = 0,279$ ,  $X_2 = 0,201$ ) и четырехкомпонентной смеси R 12, R 22, R 142 и R 744 ( $X_1 = 0,261$ ,  $X_2 = 0,187$ ,  $X_3 = 0,485$ ) в диапазоне температур 213...433 К и давлений 0,1...20 МПа.

2. Вывод о том, что введение в уравнение теплопроводности бинарных жидких смесей единой плотностной функции позволяет использовать его для расчета теплопроводности как жидких, так и газообразных двух- и многокомпонентных смесей.

3. Вывод о применимости однопараметрического закона соответственных состояний для обобщения данных о теплопроводности двух- и многокомпонентных смесей, а также разработанную на этой основе методику расчета теплопроводности сложных хладагентов на основе минимальной исходной информации.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на Всесоюзной научной конференции "Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания" (Харьков, 1981 г.), Всесоюзном семинаре "Использование достижений холодильной техники и технологии в целях повышения эффективности пищевых производств" (Одесса, 1981 г.), III Всесоюзной научно-технической конференции по холодильному машиностроению (Одесса, 1982 г.), Республиканской научно-практической конференции "Проблемы экономии энергоресурсов при создании и эксплуатации торгово-технологического оборудования" (Самарканд, 1983 г.), Всесоюзном семинаре "Использование искусственного холода для сокращения потерь пищевых продуктов - важное средство в решении Продовольственной программы страны" (Калининград, 1983 г.), VI Всесоюзной Менделеевской дискуссии "Результаты экспериментов и их обсуждение на молекулярном уровне" (Харьков, 1983 г.), Всесоюзной конференции "Проблемы индустриализации общественного питания страны" (Харьков, 1984 г.).

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 10 работ.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и приложения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы задачи работы, показаны научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе рассмотрены и проанализированы преимущества, которыми обладает азеотропные и зеотропные смеси хладонов перед однокомпонентными рабочими телами. Показана перспективность создания холодильных агрегатов, работающих по модернизированному циклу Лоренца на смесях агентов.

Вторая глава посвящена описанию экспериментальной установки для исследования коэффициента теплопроводности и ее основных узлов и систем.

Коэффициент теплопроводности определялся с помощью измерительного узла, реализующего стационарный метод нагретой нити. Использование в качестве наружного термометра сопротивления тонкостенного платинового капилляра позволило устранить ряд недостатков, присущих "классическому" варианту метода нагретой нити (наружный термометр сопротивления представляет собой навитую на стеклянный капилляр проволоку) и существенно повысить точность измерений.

Измерительный узел помещался в автоклав, установленный в медном блоке, и термостатировался в жидкостном термостате. Температура в термостате поддерживалась с помощью электронного терморегулятора с отклонением не более  $\pm 0,02$  град. и измерялась образцовым платиновым термометром сопротивления типа ПТС-10. Давление в опыте создавалось и измерялось грузопоршневым манометром типа МП-600 класса 0,05. Для разделения масла поршневого манометра и исследуемого вещества использован ртутный U-образный разделительный сосуд.

Расчет коэффициента теплопроводности из данных опыта производился по известной методике, при этом учитывались поправки на отвод тепла с торцов измерительного узла, эксцентриситет нити и температурные изменения геометрических размеров измерительного узла, которые в сумме не превышали 0,5%. Погрешность результатов измерений теплопроводности, согласно расчетам, составила 1,1...1,5%. Достоверность опытных данных подтверждается контрольными опытами, в которых измерены коэффициенты теплопроводности толуола и азота. Отклонения полученных результатов от рекомендуемых справочных данных не превышали 1%.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования теплопроводности смесей хладонов. Смеси составлялись на специальном стенде весовым способом с последующей проверкой концентрации компонентов на хроматографе типа ЛХМ-72.

Результаты исследования теплопроводности приведены в табл. I.

Четвертая глава посвящена обработке и обобщению опытных данных. На первом этапе работы обобщены имеющиеся в литературе данные о теплопроводности индивидуальных компонентов смесей - R 12, R 22, R 142 и R 744 и составлены таблицы опорных значений.

Коэффициент теплопроводности хладонов R 12 и R 22 рассчитывался с помощью системы уравнений, разработанной В.З.Геллером

$$\lambda_0 = \sum a_i T^i; \quad (1)$$

$$\lambda - \lambda_0 = \sum b_i \rho_i; \quad (2)$$

$$\lambda_s = \lambda_{кр} + \sum c_i (T - T_{кр})^{i/3}; \quad (3)$$

$$\lambda/\lambda_s = \sum \sum \alpha_{ij} \tau^i \pi^j, \quad (4)$$

где  $\lambda_0$  - теплопроводность разреженного газа;  $\lambda_s$  - теплопроводность кипящей жидкости;  $\lambda_{кр}$  - теплопроводность кипящей жидкости при  $T = T_{кр}$ ;  $\tau = T/T_{кр}$ ;  $\pi = P/P_{кр}$ ;  $a$ ;  $b$ ;  $c$ ;  $\alpha$  - коэффициенты.

Для хладона R 142  $\lambda$  для области жидкости определялась по уравнению П.М.Кессельмана и В.В.Слюсарева

$$\lambda/\lambda_{н.к.} = \sum \sum a_{ij} \tau^i \pi^j, \quad (5)$$

где  $\lambda_{н.к.}$  - теплопроводность при температуре нормального кипения.

Для газовой фазы  $\lambda$  R 142 рассчитывалась методами теории подобия, при этом в качестве базового вещества выбран хладон R 115.

При расчете таблиц теплопроводности R 744 использовано уравнение А.А.Алтунина

$$\ln(\lambda/\lambda_0) = \sum \sum a_{ij} \omega^i / \tau^j, \quad (6)$$

где  $\omega = P/\rho_{кр}$ .

Коэффициенты уравнений (1)...(6) и рассчитанные по ним таблицы  $\lambda$  приведены в диссертации. Погрешность этих данных не превышает 2...3% в однофазной области и 3...4% на кривой насыщения.

Проведен подробный анализ концентрационной зависимости теплопроводности смесей и методов ее описания. Установлено, что максимальное отклонение от аддитивных значений  $\lambda$  наблюдается для жидких бинарных смесей эквимассового состава (рис. I). Теплопроводность жидких бинарных смесей хладонов хорошо описывается уравнением О.Б.Цветкова

$$\lambda_{см} = \lambda_{ад} (1 - \beta x_1 x_2), \quad (7)$$

где  $x_i$  - массовая доля компонента;  $\beta$  - константа, равная 0,2.

Для жидких трехкомпонентных смесей нами предложена формула

$$\lambda_{см} = \lambda_{ад} [1 - \beta x_1 x_2 (1 - x_3)] \quad (8)$$

а  $\lambda$  четырехкомпонентной смеси в пределах погрешности эксперимента может быть рассчитана по правилу аддитивности.

Уравнение (7) и (8) могут быть использованы для расчета теплопроводности смесей и в газовой фазе, при этом коэффициент  $\beta$  является не константой, а функцией плотности. На рис.2 представлена зависимость  $\beta$ , построенная по опытным данным для двух- и трехкомпонентных смесей. Эта зависимость для области  $\omega \leq 0,7$  аппроксимирована уравнением

$$\beta = \sum_{i=0}^3 a_i \omega^i, \quad (9)$$

где  $a_0 = 0,00264$ ;  $a_1 = 0,48349$ ;  $a_2 = -0,13616$ ;  $a_3 = -0,21656$ .

Таким образом, уравнения (7)...(9) могут быть рекомендованы для расчета теплопроводности сложных хладагентов как в жидкой, так и в газовой фазах.

Для решения одной из главных задач диссертации - разработки методики расчета теплопроводности двух- и многокомпонентных смесей хладонов применен подход, основанный на однопараметрическом законе соответственных состояний (ОЗСС). Возможность обобщения данных о теплопроводности индивидуальных хладонов на базе ОЗСС была показана в работах В.З.Геллера. Нами изучен вопрос о применимости ОЗСС для смесей с ограниченным числом компонентов.

В табл.2 приведены основные физико-химические константы объектов исследования, а также значения определяющего параметра  $A$  (критерия подобия), который согласно Л.П.Филиппову определялся как  $A = 100T$  при  $T = 0,625$  на кривой давления насыщенных паров. Из табл.2 видно, что исследованные нами смеси и составляющие их компоненты имеют близкие значения параметра  $A$  и, таким образом, представляют собой группу веществ, внутри которой соблюдается приближенное термодинамическое подобие.

Обобщение опытных данных о теплопроводности индивидуальных хладонов и их смесей в состоянии разреженного газа, плотного газа (рис.3), жидкости вдоль кривой насыщения (рис.4) и жидкости в однофазной области позволило получить уравнения

$$\lambda_0^* = 1 + \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} T^i A^j, \quad (10)$$

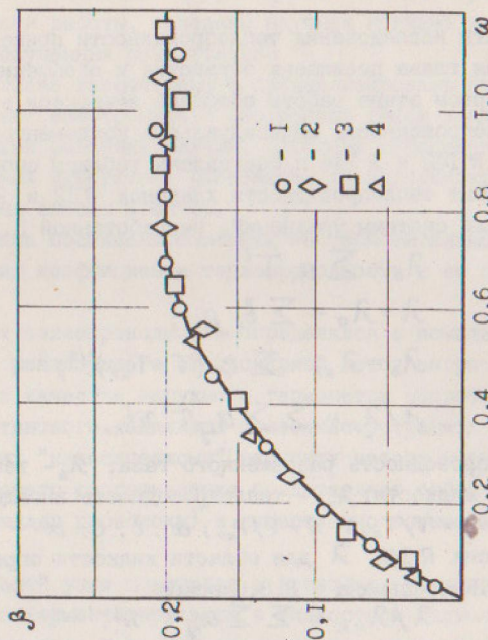


Рис. 2. Зависимость коэффициента от приведенной плотности  
1 - смесь R 12- R 22 ( $X_1=0,268$ ); 2 - смесь R 12- R 22 ( $X_1=0,622$ ); 3 - смесь R 12- R 22 ( $X_1=0,762$ ); 4 - R 601

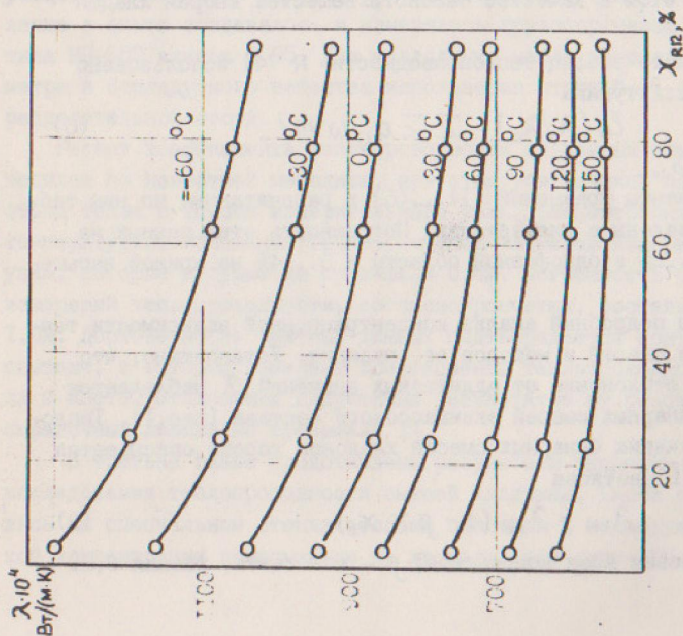


Рис. 1. Зависимость теплопроводности смеси хладонов R 12- R 22 от концентрации при давлении 20 МПа

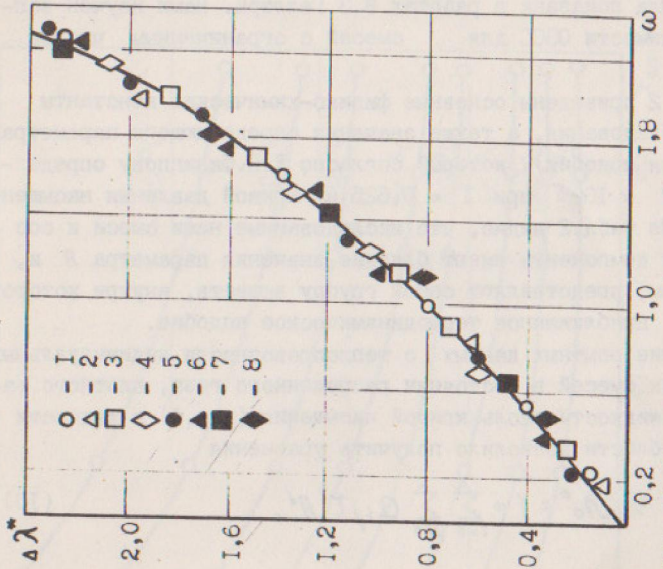


Рис. 3. Зависимость избыточной приведенной теплопроводности от приведенной плотности  
1, 4, 5 - смеси R 12-R 22; 2 - R 142;  
3 - R 12; 6 - R 22; 7 - R 601; 8 - R 744/R 601

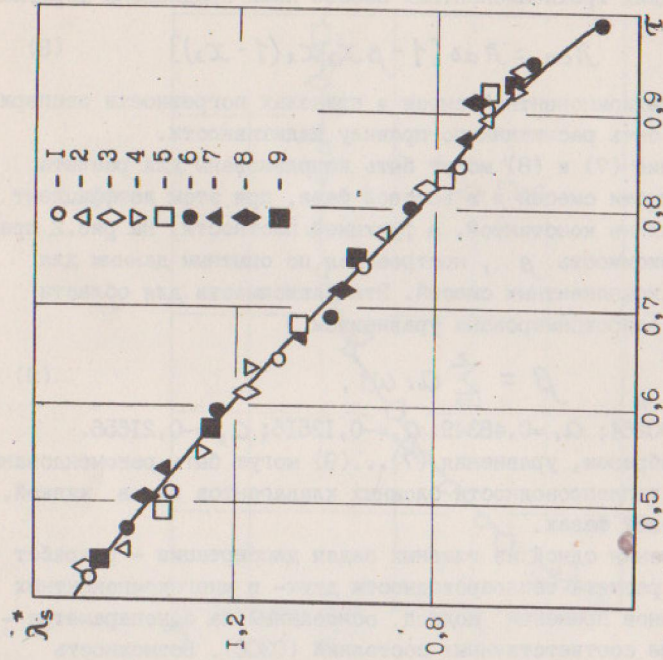


Рис. 4. Зависимость приведенной теплопроводности на линии насыщения от приведенной температуры  
1, 2, 3 - смеси R 12-R 22; 4 - R 601; 5 - R 744/R 601; 6 - R 22; 7 - R 744; 8 - R 12; 9 - R 142

$$\Delta \lambda^* = \sum_{i=0}^5 b_i \omega^i, \quad (II)$$

$$\lambda_s = \sum_{i=0}^4 c_i \tau^i, \quad (I2)$$

$$\lambda/\lambda_s = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^6 a_{ij} \tau^i \pi^j, \quad (I3)$$

где  $\lambda_0^* = \lambda_0/\lambda_{0\tau} = 0,9$ ;  $\Delta \lambda^* = \Delta \lambda/\lambda_{0\omega} = 1,2$ ;  $\lambda_s = \lambda_s/\lambda_{s\tau} = 0,7$   
описывающие результаты измерений с погрешностью не более 3...4%.  
Коэффициенты уравнений (I0)...(I3) приведены в диссертации.

Полученные зависимости могут быть использованы для прогнозирования теплопроводности и других сложных хладагентов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Методом нагретой нити получены данные о теплопроводности бинарных смесей хладонов R 12 и R 22 при различных концентрациях компонентов, трехкомпонентной смеси R 12 - R 22 - R 142 и четырехкомпонентной смеси R 12 - R 22 - R 142 - R 744 в диапазоне температур -60...150 °C и давлений 0,1...20 МПа.

2. Изучена концентрационная зависимость теплопроводности жидких и газообразных двух- и многокомпонентных смесей хладонов. Исследована возможность расчета теплопроводности смесей хладонов на основе теоретических и эмпирических методов.

3. Показано, что введение в уравнение О.Б.Цветкова для расчета теплопроводности бинарных жидких смесей единой плотностной функции позволяет использовать его и для расчета теплопроводности газовых смесей. Предложена методика расчета теплопроводности многокомпонентных смесей хладонов.

4. Данные о теплопроводности смесей хладонов и составляющих их компонентов обработаны методами теории подобия. На этой основе получены обобщенные уравнения для расчета теплопроводности разреженного газа; сжатого газа; жидкости вдоль кривой насыщения; жидкости в однофазной области по минимуму исходной информации.

5. Составлены таблицы справочных данных о теплопроводности смесей хладонов R 12 - R 22, R 601 и R 744/R 601 в широком диапазоне параметров состояния.

Таблица I  
Экспериментальные значения коэффициента теплопроводности,  
 $\lambda \cdot 10^4$ , Вт/(м·К)

$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda$	$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda$	$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda$	$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda$
1	2	3	4	5	6	7	8
Смесь R12 - R22 ( $X_1=0,268$ )							
$P = 0,1$ МПа	156,0	187,1	-56,3	1135	72,7	690	
43,1	118,0	160,9	190,7	-27,1	1011	141,3	436
45,5	118,3	163,8	191,6	-26,4	998	142,2	443
70,4	133,1	$P = 2,6$ МПа	0,4	896	$P = 20,1$ МПа		
73,0	134,2	-56,9	1118	0,9	903	-57,2	1186
131,3	170,4	-56,3	1120	51,2	709	-56,3	1190
133,8	172,7	-27,3	994	52,0	706	-27,3	1076
$P = 1,1$ МПа	-26,4	990	$P = 10,1$ МПа	-26,4	1074		
43,0	125,8	$P = 3,1$ МПа	-57,2	1143	-0,8	978	
45,1	126,9	132,8	198,1	-56,1	1149	-0,5	977
75,8	141,8	135,1	198,7	-27,1	1032	50,9	799
103,0	157,9	156,5	208	-26,1	1009	51,7	803
105,9	160,0	158,9	207	51,2	743	51,9	804
132,5	174,2	$P = 5,1$ МПа	51,8	754	141,7	589	
134,3	176,1	-57,3	1132	72,0	674	142,8	582
Смесь R12 - R22 ( $X_1=0,622$ )							
$P = 0,1$ МПа	105,9	153,1	134,7	187,5	-20,4	921	
42,3	113,4	132,4	168,0	$P = 5,1$ МПа	41,0	735	
45,9	113,5	135,7	168,6	-56,0	1028	41,9	724
73,5	131,0	$P = 2,6$ МПа	-55,2	1030	70,7	646	
76,1	130,9	-56,1	1020	-21,5	896	71,5	640
132,5	162,1	-55,1	1021	-20,5	891	150,5	419
134,1	161,8	-21,4	881	41,1	687	151,4	407
$P = 0,6$ МПа	-20,5	877	41,9	689	$P = 20,1$ МПа		
42,6	116,1	1,1	802	70,6	607	-56,2	1080
45,7	117,9	2,0	801	71,5	606	-55,2	1087
$P = 1,1$ МПа	$P = 3,1$ МПа	$P = 10,1$ МПа	-21,7	963			
72,5	136,0	97,6	178,3	-56,1	1051	-20,6	959
75,3	137,4	100,7	177,8	-55,2	1048	40,9	773
102,6	152,4	132,3	187,9	-21,5	929	41,8	778

Продолжение таблицы I

1	2	3	4	5	6	7	8
70,6	710	71,7	712	150,3	544	151,2	588
Смесь R12 - R22 ( $X_1=0,782$ )							
$P = 0,1$ МПа	$P = 2,6$ МПа	-0,1	797	132,0	470		
41,1	117,3	-58,2	1005	1,2	786	133,1	476
44,3	116,4	-57,8	1004	3,4	794	$P = 20,1$ МПа	
99,2	147,9	-27,7	893	71,0	590	-58,2	1057
100,8	150,7	-26,8	879	72,5	577	-57,3	1055
101,9	152,7	-25,0	875	$P = 10,1$ МПа	-30,3	960	
148,5	180,9	-0,2	776	-58,0	1029	-28,9	950
151,3	179,8	-1,3	781	-57,2	1030	-28,2	948
$P = 1,1$ МПа	3,5	775	-30,1	931	-0,2	859	
44,0	130,1	$P = 3,1$ МПа	-28,7	933	0,9	862	
47,1	130,8	102,2	186,7	-28,1	927	3,0	863
97,7	156,9	102,5	185,9	0,1	823	70,8	696
99,8	157,6	148,2	202	1,1	824	72,1	698
148,2	180,7	150,6	202	3,3	814	73,0	687
151,5	180,0	$P = 5,1$ МПа	71,0	633	100,5	629	
$P = 2,1$ МПа	-58,1	1014	72,4	630	102,7	635	
98,9	168,9	-57,2	1008	73,2	633	102,9	639
101,9	170,0	-30,0	902	101,8	561	130,6	577
149,1	194,6	-28,8	909	102,0	560	132,0	584
151,2	193,8	-28,1	906	130,8	477	133,0	587
Хладон R 601							
$P = 0,1$ МПа	-20,3	946	144,9	192,0	123,5	208	
40,5	119,6	9,3	845	147,2	194,5	125,2	207
42,9	120,0	10,2	843	$P = 2,6$ МПа	148,1	209	
91,6	149,4	91,1	158,6	-56,8	1104	149,3	207
93,7	151,7	94,0	160,9	-55,9	1106	$P = 5,1$ МПа	
147,1	183,9	122,3	174,6	-21,2	967	-56,7	1122
149,8	183,6	146,8	186,9	-20,5	962	-56,0	1121
$P = 1,1$ МПа	148,9	190,0	43,4	736	-21,6	989	
-56,7	922	$P = 2,1$ МПа	44,4	739	-21,3	991	
-55,8	995	92,8	170,1	$P = 3,1$ МПа	-20,5	980	
-21,2	952	95,5	169,9	122,1	211	9,2	872

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
10,3	870	-21,3	1114	$P = 20,1 \text{ МПа}$	43,9	849	
43,2	767	-20,5	1113	-56,8	1171	72,1	789
44,3	755	71,4	733	-56,0	1155	72,4	762
71,5	669	72,6	722	-21,4	1030	103,1	701
72,5	675	131,0	575	-20,6	1028	104,2	705
$P = 10,1 \text{ МПа}$		131,8	571	9,7	958	151,4	643
-56,8	1145	151,2	521	10,3	951	152,6	635
-55,8	1135	152,1	497	43,0	850	-	-

Хладон R744/R601

$P = 0,1 \text{ МПа}$			$P = 5,1 \text{ МПа}$				
51,7	134,4	139,9	200	-58,4	1220	138,4	564
54,3	142,7	$P = 2,6 \text{ МПа}$		-57,5	1212	$P = 20,1 \text{ МПа}$	
73,5	152,5	-58,2	1201	-29,1	1069	-58,5	1278
75,7	154,4	-57,4	1204	29,5	821	-57,8	1269
102,4	168,6	-29,8	1071	30,6	827	-30,1	1143
104,3	169,3	-28,9	1060	61,4	715	-29,2	1144
136,7	191,1	1,4	920	62,5	704	0,9	1008
139,5	187,2	2,5	911	$P = 10,1 \text{ МПа}$		2,1	1013
$P = 1,1 \text{ МПа}$		29,4	805	-58,4	1240	29,3	905
70,8	158,7	30,6	804	-57,6	1229	30,5	914
73,2	157,9	$P = 3,1 \text{ МПа}$		-30,4	1106	61,6	809
102,3	177,3	102,8	230	-29,5	1094	62,7	817
105,0	179,5	105,2	237	61,3	752	88,7	733
$P = 2,1 \text{ МПа}$		134,3	222	62,4	733	89,9	731
101,3	196,2	137,8	221	68,7	658	137,4	621
103,9	194,4	148,6	220	89,6	661	138,3	630

Таблица 2

Характеристики объектов исследования

№ пп.	Вещество	Критические параметры			Д
		$T_{кр}$	$K \pm P_{кр}, \text{ МПа}$	$P_{кр}, \text{ кг/м}^2$	
1	2	3	4	5	6
1.	R12 $\text{CF}_2\text{Cl}_2$	385,19	4,12	558	2,16
2.	R22 $\text{CHF}_2\text{Cl}$	370,28	4,99	513	1,92

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
3.	R142 $\text{H}_2\text{-CF}_2\text{Cl}$	410,15	4,19	430	1,79
4.	R744 $\text{CO}_2$	304,20	7,38	468	1,84
5.	R12-R22 ( $X_1=0,268$ )	372,46	4,76	522	1,98
6.	R12-R22 ( $X_1=0,622$ )	377,55	4,61	537	2,07
7.	R12-R22 ( $X_1=0,782$ )	380,44	4,35	545	2,11
8.	R601	396,15	4,46	482	1,92
9.	R744/R601	387,80	4,53	481	1,91

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ

В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

- Геллер В.З., Горькин С.Ф., Михно Ю.А., Пугач А.К. Исследование эффективности применения бинарных смесей фреонов в холодильной технике.-В кн.:Тезисы докладов Всесоюзного семинара "Использование достижений холодильной техники и технологии в целях повышения эффективности пищевых производств".-Одесса, 1981, с. 22-23.
- Горькин С.Ф., Михно Ю.А. Азеотропные смеси фреонов - перспективные холодильные агенты.-В кн.:Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции "Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания".Харьков, 1981, с.267-268.
- Геллер В.З., Запорожан Г.В., Гайда С., Ильюшенко С.В., Михно Ю.А., Шевченко Г.З. Комплексное исследование теплофизических свойств новых хладагентов.-В кн.:Тезисы докладов III Всесоюзной научно-технической конференции по холодильному машиностроению.-Одесса, 1982, с. 12.
- Волков Е.П., Горькин С.Ф., Михно Ю.А. Некоторые пути улучшения рабочих характеристик холодильных машин.-В кн.:Тезисы докладов III Всесоюзной научно-технической конференции по холодильному машиностроению.-Одесса, 1982, с. 20-21.
- Геллер В.З., Михно Ю.А. Совершенствование холодильного оборудования путем использования смесей хладагентов.-В кн.:Проблемы экономии энергоресурсов при создании и эксплуатации торгового технологического оборудования: Тез. докл. Республиканской научно-практической конференции.-Самарканд, 1983, с. 27.
- Геллер В.З., Михно Ю.А. Теплопроводность двух- и многокомпо-

- нентных смесей хладагентов.-В кн.:Тезисы докладов Всесоюзного семинара "Использование искусственного холода для сокращения потерь пищевых продуктов - важное средство в решении Продовольственной программы страны".-Калининград, 1983, с. 25-26.
7. Геллер В.З., Михно Ю.А. Теплопроводность жидких смесей фреонов-12 и 22.-В кн.:УИ Менделеевская дискуссия "Результаты экспериментов и их обсуждение на молекулярном уровне". Тез. дкл.-Харьков, 1983, с. 280.
8. Геллер В.З., Запорожан Г.В., Михно Ю.А. Исследование теплопроводности рабочих тел многофункциональных холодильников II поколения.-В кн.:Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции "Проблемы индустриализации общественного питания страны".-Харьков, 1984, с. 352.
9. Михно Ю.А., Геллер В.З. Теплопроводность жидких многокомпонентных хладагентов на линии насыщения.-Холодильная техника, 1984, №11, с. 39-40.
10. Геллер В.З., Горькин С.Ф., Михно Ю.А., Никольский В.А., Баклан С.В. Теплопроводность многокомпонентных хладагентов.-В кн.:Исследование и конструирование электробытовых машин и приборов: Сб. трудов института ВНИЭКИЭМП.-Киев: Изд-во ЦНИИТЭИ-легпищемаш, 1984, с. 35-41.

*Г.В. Запорожан*