

Автореф
Б 14

проф. Чумаку Г. Г.

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ

ТЕХНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

На правах рукописи

УДК 621.564.2:536.423

БАГИНСКИЙ Владислав Адольфович

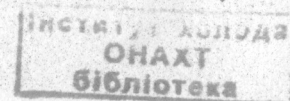
ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ СМЕСЕЙ РАБОЧИХ ВЕЩЕСТВ

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Специальность 05.14.05 - Теоретические основы теплотехники

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ОДЕССА - 1990



Работа выполнена в Одесском технологическом институте
пищевой промышленности им. М.В.Домоносова

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор В.З.Геллер

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор В.А.Загорученко
- кандидат технических наук,
доцент В.П.Железный

Ведущая организация - Физико-химический институт
АН УССР им. А.В.Богатского

Защита состоится "29" декабря 1990 г. в 11⁰⁰
часов на заседании специализированного Совета К.068.27.01
при Одесском институте низкотемпературной техники и энерге-
тики по адресу: 270057, Одесса, ул. Петра Великого, 1/3

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института

Автореферат разослан "28" декабря 1990 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета Р.К.Якульшин
к.т.н., доцент

00-03-1538

1989

И (И) -

тока

ости

Актуальность работы. Смеси веществ являются перспектив-
ными рабочими телами энергетических, холодильных и криоген-
ных установок и используются в различных физико-химических
процессах газоперерабатывающей промышленности. В то же вре-
мя остро стоит вопрос о замене целого ряда используемых
промышленностью хладагентов и их смесей на экологически
чистые, не разрушающие озоновый слой. К числу последних от-
носятся полностью фторзамещенные углеводороды и инертные
газы, свойства смесей которых изучены весьма недостаточно.

Эффективное проектирование высокопроизводительного
оборудования и прогрессивных технологических процессов не-
возможно без надежных данных о теплофизических свойствах
рабочих тел, в частности при проектировании холодильного
оборудования на смесях необходимы данные о фазовом равно-
весии.

Цель работы состоит в получении надежных эксперимен-
тальных данных о фазовом равновесии жидкость-пар экологи-
чески чистых смесей веществ $Ar-R\ 14$, $Ar-R\ 218$, $R\ 14-$
 $R\ 218$, перспективных для использования в качестве рабочих
тел дроссельных систем охлаждения низкотемпературного уров-
ня; разработке единого уравнения состояния (ЕУС), спосо-
бного описывать фазовое равновесие исследованных систем в
широком диапазоне параметров состояния.

Диссертационная работа является частью исследования
теплофизических свойств хладагентов и их смесей, перспек-
тивных для холодильной техники, энергетики и химической
технологии, проводимого Одесским технологическим институ-
том пищевой промышленности в соответствии с комплексной
программой "Теплофизика и теплоэнергетика" АН УССР на
1986-1990 гг. (шифр 1.9.1, разделы 1.9.1.1.4, 1.9.1.1.3,
1.9.1.1.4).

Научная новизна. Получены данные о фазовом равновесии
жидкость-пар смесей $Ar-R\ 14$, $Ar-R\ 218$, $R\ 14-R\ 218$,
 $Ar-R\ 14-R\ 218$.

Предложена методика совместной обработки эксперимен-
тальных данных о равновесии жидкость-пар нерасслаивающихся
систем и жидкость-кристалл, позволяющая улучшить экстрапо-
ляционные свойства единого уравнения состояния (ЕУС) в об-

xv 902
Институт холода
ОНАХТ
бібліотека

ласть низких температур, вплоть до появления твердой фазы. Параметры перекрестного взаимодействия бинарных смесей для уравнения Редлиха-Квонга (РК) в используемой модификации предпочтительно получать при совместной обработке информации о фазовом равновесии жидкость-пар и жидкость-кристалл, либо из данных о равновесии жидкость-кристалл.

Практическая ценность. Полученные экспериментальные данные о фазовом равновесии жидкость-пар смесей $Ag - R 14$, $Ag - R 218$ и $R 14 - R 218$ могут быть использованы при расчете и проектировании эффективных низкотемпературных систем охлаждения. Результаты диссертационной работы использованы в НИИ "Штурм" г. Одессы и Одесском институте низкотемпературной техники и энергетики. Полученные таблицы параметров фазового равновесия исследованных систем приняты ВНИИ МВ Госстандарта СССР для аттестации в качестве рекомендуемых справочных данных.

Научное положение новизна которого защищается в работе:

Экспериментальные данные о фазовом равновесии жидкость-кристалл могут применяться для нахождения параметра перекрестного взаимодействия K_{ij} в ЕУС и использования его при расчете фазового равновесия жидкость-пар.

Основные результаты работы.

1. Получены $P - T - x - y$ данные для смесей $Ag - R 14$; $Ag - R 218$ и $R 14 - R 218$ в диапазоне температур, соответственно, 180...220; 180...270 и 190...280 К и давлений 1,1...6,0; 0,11...5,9 и 0,03...5,2 МПа. Расширен диапазон исследования фазового равновесия смеси $R 14 - R 22$, получены ограниченные экспериментальные данные о фазовом равновесии смеси $Ag - R 14 - R 218$.

2. Экспериментальное исследование фазового равновесия жидкость-пар двумя независимыми методами - статическим и циркуляционным показало, что применение принудительной циркуляции газовой фазы через жидкую сокращает время эксперимента в 5...8 раз.

3. Получены параметры ЕУС в модификации Редлиха-Квонга для исследованных систем, позволяющие использовать это уравнение при описании фазовых равновесий с погрешностью 2...3% в широком диапазоне температур, давлений и концентраций (для негасслаивающихся систем).

Апробация работы. Основные результаты, полученные при

выполнении работы докладывались на 2-ой Всесоюзной конференции молодых исследователей "Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики" (Новосибирск, 1987 г.), на 9-ой Всесоюзной теплофизической школе "Новейшие исследования в области теплофизических свойств веществ" (Тамбов, 1988 г.), 9-ой Всесоюзной конференции по теплофизическим свойствам веществ (Новосибирск, 1988 г.), Республиканской научно-технической конференции (Кишинев, 1989 г.), областной Межвузовской научно-практической конференции "Социально-экономические и научно-технические проблемы агропромышленного комплекса" (Одесса, 1989 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано восемь печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка используемой литературы, включающего 85 источников и приложения. В ней содержится 62 стр. машинописного текста, 14 рис. и 14 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель работы, научная новизна, изложены основные результаты работы, приводятся сведения о структуре и объеме работы.

В первой главе выполнен обширный обзор имеющихся в литературе данных о фазовом равновесии смесей веществ, содержащих хладагенты. Проведенный анализ показал на отсутствие литературных данных о фазовом равновесии для целого ряда перспективных смесей, содержащих хладагенты, как с точки зрения повышения эксергетического к.п.д. в циклах холодильных машин, так и с точки зрения замены некоторых на экологически чистые, не разрушающие озоновый слой. Обоснован выбор объектов исследования.

Во второй главе "Экспериментальная установка для исследования фазового равновесия и методика проведения эксперимента" проводится анализ методов экспериментального определения фазового равновесия, применявшихся различными авторами. Проанализированы недостатки и преимущества применяемых методов исследования, разработаны методические рекомендации при проектировании установок для исследования фазового равновесия.

Разработана установка, использующая статический метод исследования, как наиболее простой в реализации, которая в даль -

нейшем модернизировалась, с осуществлением циркуляционного метода исследования при принудительной циркуляции газовой фазы через жидкую. Экспериментальная установка позволяет изучать фазовое равновесие жидкость-пар бинарных и многокомпонентных растворов низкипящих веществ в диапазоне температур 180...350 К и давлений 0,03...15 МПа. Описана методика анализов жидкой и газовой фаз при давлениях менее 0,1 МПа, способ контроля работоспособности циркуляционного насоса. На рис.1 представлена схема экспериментальной установки.

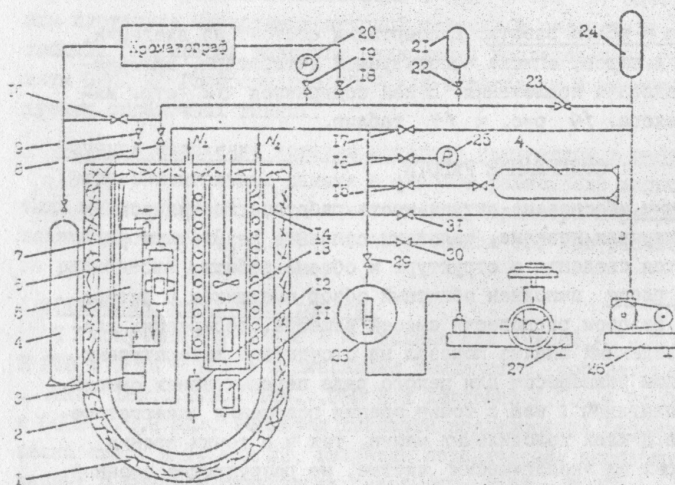


Рис.1.

Основными элементами установки являются: пьезометр 5, объемом 100 см³; мембранный нуль-индикатор 3, циркуляционный насос шуперного типа 6. В жидкостный термостат 2 с вакуумной оболочкой и теплоизоляцией 1, помещен также образцовый 7 и измерительный 12 платиновые термометры сопротивления, основной и регулирующий нагреватели 11, насос-металка 13 с змеевиком 14 для прокачки

азота. Для увеличения стабильности поддержания температуры электро-механический привод циркуляционного насоса вынесен за пределы зоны термостатирования.

Измерение давления в пьезометре осуществляется при помощи грузопоршневого манометра 27 марки МП-60 через масляный разделитель 28 или образцовым вакуумметром 25. Заправка вещества в пьезометр производится через сменные баллончики 21, вакуумирование коммуникаций вакуумным насосом 26, контроль вакуума — вакуумной лампой 24. Схема соединительных коммуникаций позволяет проводить анализ проб газовой и жидкой фаз через вентили 8 и 9, соединенные капилляром с пьезометром при давлении менее 0,1 МПа, путем отбора проб в объем между вентилями 10 и 23 и дальнейшего разбавления их гелием из баллона 4, подачей на анализ в хроматограф. Нижний предел давления в пьезометре, при котором отбирались пробы, составлял 0,03 МПа.

В разделе "Методика анализа составов фаз и измерений основных параметров опыта" описана процедура разделения исследованных веществ: для смеси *Ar-R218* и *R14-R218* — на оксид алюминия Al_2O_3 ; для смеси *R14-R22* — на полисорбе-1 с 5% ПМС-100; для смеси *Ar-R14* — на цеолите *CaA*; для смеси *Ar-R14-R218* — на силикагеле SiO_2 .

В третьей главе "Результаты измерений фазового равновесия и анализ их погрешностей" приводятся полученные экспериментальные данные о параметрах паро-жидкостного равновесия исследованных систем: *Ar-R14*, *Ar-R218*, *R14-R218*, *R14-R22*, *Ar-R14-R218*. За исключением смеси *R14-R22*, область исследования которой расширена, равновесие жидкость-пар этих смесей исследовано впервые и составляет для смесей *Ar-R14*, *Ar-R218*, *R14-R218* соответственно диапазон температур 180...220; 180...270; 190...280 К и давлений 1,1...6,0; 0,11...5,9; 0,03...5,2 МПа в широком диапазоне концентраций. Смесь *Ar-R14-R218* исследована частично, для нее получено 5 экспериментальных точек. Результаты исследований представлены в табл.1, 2. Проведен анализ погрешности составов полученных экспериментальных данных, составляющей:

- в области давлений 0,1...6 МПа — 1,6...0,8 %;
- в области давлений 0,03...0,1 МПа — 62...1,6 %;
- в критической — 5...7 %.

В четвертой главе "Обработка экспериментальных данных с помощью единого уравнения состояния обоснован выбор простого эмпи-

Таблица I

Экспериментальные данные о фазовом равновесии
бинарных систем (в мольных %)

P , МПа	x , %	y , %	P , МПа	x , %	y , %
1	2	3	4	5	6
Смесь R 14 - R 22					
$T = 289,65 \text{ K}$			$T = 270,14 \text{ K}$		
0,789	0,01	0,88	0,545	-	14,84
0,833	0,16	4,55	0,904	2,17	45,06
0,937	0,78	14,91	1,371	4,67	62,38
1,235	1,76	29,40	1,898	7,95	70,90
1,518	3,02	39,27	2,578	13,08	76,65
1,929	5,39	50,31	3,429	20,62	80,0
2,376	7,37	57,73	4,196	27,70	81,36
2,889	10,18	62,93	4,901	37,95	81,48
3,392	13,33	66,33	4,942	39,15	-
3,949	17,15	69,06	5,404	47,77	80,92
4,392	20,09	69,94	5,809	52,91	80,15
4,829	25,30	-	$T = 250,65 \text{ K}$		
5,287	28,48	71,58	0,248	-	8,33
5,673	-	71,43	0,383	0,82	38,82
5,639	33,11	-	0,753	3,0	67,90
5,878	37,08	70,45	1,266	6,53	79,33
5,887	-	71,90	2,048	13,41	86,23
6,165	39,26	70,62	2,802	21,83	88,66
6,288	41,68	68,67	3,755	39,65	89,85
6,384	44,04	68,60	3,832	40,95	89,76
6,552	47,70	66,66	4,177	51,48	89,66
4,317	57,37	89,73	$T = 214,50 \text{ K}$		
$T = 232,98 \text{ K}$			0,454	-	90,18
0,118	-	20,0	0,473	-	90,67
1,148	-	31,89	0,590	-	92,15
0,206	0,46	44,87	0,970	11,71	-
0,216	-	52,09	0,989	-	96,1
0,350	-	68,39	1,004	-	95,38
0,352	-	68,51			

Продолжение табл. 1

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
0,471	2,64	76,32	1,151	14,35	95,71
0,833	5,63	85,30	1,783	36,0	96,43
1,488	12,33	91,52	1,957	53,4	96,28
2,498	31,68	94,11	2,123	82,64	97,71
2,864	46,31	94,60	2,240	90,70	98,35
3,049	60,0	94,60		$T = 191,45 \text{ K}$	
3,141	64,76	94,60	0,062	-	87,83
3,155	65,59	94,85	0,274	4,94	96,52
3,232	70,78	96,01	0,248	4,41	-
3,293	74,13	97,76		$T = 180,44 \text{ K}$	
3,424	79,30	98,78	0,215	3,94	-
3,534	84,85	96,78	0,384	9,21	99,33
$T = 214,50 \text{ K}$			0,608	32,69	99,75
0,060	-	27,09	0,648	58,3	99,69
0,080	-	46,00	0,665	71,21	99,71
0,128	0,31	-			
0,143	-	68,57			
0,210	1,16	79,29			
0,445	3,84	-			
Смесь R 14 - R 216					
$T = 283,01 \text{ K}$			3,195	84,04	97,91
0,767 ⁺	2,45	22,53	3,430	89,11	97,95
1,213 ⁺	8,39	49,89		$T = 220,85 \text{ K}$	
1,789 ⁺	16,15	62,68	0,134	1,74	64,24
2,574 ⁺	27,61	74,31	0,673	24,65	94,52
3,497 ⁺	39,49	80,90	2,185	79,52	98,82
4,159 ⁺	48,37	83,87	2,746	94,35	99,58
4,760 ⁺	56,46	83,92		$T = 220,80 \text{ K}$	
5,240 ⁺	65,61	82,33	0,123 ⁺	1,55	60,05
$T = 250,70 \text{ K}$			0,337 ⁺	10,20	87,90
0,392 ⁺	3,25	49,85	0,923 ⁺	33,80	95,91
0,425 ⁺	3,65	53,52	1,626 ⁺	59,73	97,53
0,828 ⁺	12,02	76,95	1,742 ⁺	64,55	97,68
1,780 ⁺	32,47	87,80		$T = 196,32 \text{ K}$	
2,414 ⁺	45,93	91,20	0,033	-	81,88
3,529 ⁺	66,99	93,84	0,068	2,01	90,83

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
4,520 ⁺	83,42	93,03	0,104	6,2	-
4,636 ⁺	85,45	92,62	0,344	25,45	97,95
4,638 ⁺	86,00	92,64	0,557	41,89	98,91
$T = 233,60 \text{ K}$			0,718	54,23	99,28
0,153	1,71	40,26	1,115	84,36	99,95
0,376	8,04	75,24	1,260	93,79	99,99
0,967	26,07	90,55	С индексом ⁺ обозначены экспериментальные данные, полученные статическим ме- тодом.		
2,309	63,77	96,35			
2,929	77,51	97,75			

Смесь Ar-R 218

$T = 270,15 \text{ K}$			$T = 187,37 \text{ K}$		
0,438	0,33	12,52	0,245	-	97,92
1,259	4,01	64,98	0,737	5,92	99,39
2,698	11,08	80,57	1,637	15,79	99,71
3,405	14,47	83,57	$T = 186,57 \text{ K}$		
3,621	14,55	83,92	0,359	3,08	98,85
3,808	15,57	84,71	0,720	5,84	99,28
3,979	15,57	85,08	1,716	18,70	99,88
$T = 241,08 \text{ K}$			3,997	-	99,83
0,249	1,02	47,95	4,630	38,08	99,90
0,764	3,39	82,00	5,896	47,73	99,70
2,510	12,67	94,76	5,896	49,33	-
4,431	23,70	97,26	5,896	47,93	-
$T = 208,15 \text{ K}$					
0,110	-	78,78			
0,236	2,45	92,66			
$T = 208,30 \text{ K}$					
1,356	10,10	98,05			
2,432	-	98,80			
2,460	18,02	98,70			
3,805	28,28	98,92			
3,805	-	98,77			
5,145	36,85	98,81			

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
Смесь Ar-R 14					
$T = 220,47 \text{ K}$			$T = 181,8 \text{ K}$		
3,497	3,91	8,27	2,955	26,66	69,45
3,502	4,10	8,21	2,959	27,08	70,17
4,302	11,40	16,96	3,648	36,11	74,15
$T = 203,68 \text{ K}$			3,648	35,32	74,13
2,098	2,98	12,55	4,299	43,85	76,67
2,092	-	12,43	4,869	50,52	78,58
3,640	-	43,14	4,874	49,88	78,11
3,647	17,89	-	4,874	50,29	-
5,221	33,76	-	5,401	56,52	78,32
5,202	33,76	57,36	5,737	61,21	78,95
$T = 182,19 \text{ K}$			5,761	61,91	78,62
1,142	4,36	-	5,959	64,87	78,95
1,149	4,27	29,97			
2,047	16,00	58,84			
2,055	15,34	59,09			

Таблица 2

Экспериментальные данные о фазовом равновесии
смеси Ar-R 14-R 218 (в мольных %)

$T = 215,13 \text{ K}$						
P, МПа	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3
2,846	24,48	11,54	63,97	-	-	-
2,834	-	-	-	76,54	23,42	0,04
2,801	24,67	11,79	63,54	-	-	-
2,130	29,66	13,36	56,98	-	-	-
2,101	-	-	-	74,46	25,51	0,03

рического ЕВС типа Редлиха-Квонга на основе анализа успешного
использования двухконстантных УС при описании фазового равнове-
сия термических и калорических свойств в широком диапазоне
параметров состояния смесей из полярных и неполярных компонентов.

Использованная модификация ЕУС имеет вид

$$\rho = \frac{RT}{v-b} - \frac{a(T)}{v(v+b)}, \quad (1)$$

где постоянная b определялась как и в оригинале уравнения РК, а константа a по предложению Петрова А.А. (МЭИ) и Захарова Н.Д. (ОТИП) определялась по уравнению:

$$a = a_0 + a_1 T^{1/3}, \quad (2)$$

которое имеет хорошие экстраполяционные свойства в область низких температур.

Правила комбинирования для смесей имели вид

$$a_m = \sum_i x_i a_i; a_{ij} = (a_i a_j)^{1/2} (1 - K_{ij}); b_m = \sum_i x_i b_i; \quad (3)$$

Индивидуальные константы a и b определяли из экспериментальных данных о давлении насыщенных паров компонентов, удовлетворяли критические условия и правило Максвелла, находя минимум функционала:

$$F = \sum_{i=1}^N [(f_p^L - f_s^L)^2 + (f_p^V - f_s^V)^2], \quad (4)$$

где f_p^L и f_p^V - расчетные значения фугитивностей, полученные из ЕУС, f_s^L и f_s^V - экспериментальные значения фугитивностей. Расчетные значения фугитивностей определялись как

$$\ln f = \ln \frac{RT}{v-b} + \frac{b}{v-b} - \frac{a(T)}{RTb} \left(\ln \frac{v+b}{v} + \frac{b}{v+b} \right) \quad (5)$$

Фугитивность i -го компонента, с учетом (1-3) определялась как

$$\ln f_i = \ln \left(\frac{RTx_i}{v-b} \right) - \frac{b_i}{v-b} - 2 \left(\sum_j \frac{a_{ij} x_j}{RTb} \right) \ln \frac{v+b}{v} + \frac{a b_i}{RTb^2} \left(\ln \frac{v+b}{v} - \frac{b}{v+b} \right) \quad (6)$$

Подгоночный параметр K_{ij} перекрестного взаимодействия компонент i и j находился как по экспериментальным данным о равновесии жидкость-пар, так и при совместной обработке данных о равновесии жидкость-пар и жидкость-кристалл. В этом случае находился минимум функционала

$$F = \sum_{i=1}^N \{ [A_i^L(K_{ij}) - \bar{A}_i]^2 + [f^L(K_{ij}) - f^V(K_{ij})]^2 \}, \quad (7)$$

где $A_i^L(K_{ij}) = f_i^L / f_i^{OL}$ (f_i^{OL} - фугитивность чистой жидкости

($x=1$) при температуре смеси, а $\bar{A}_i$ - активность компонента i , найденная по уравнению Шредера:

$$\bar{A}_i = \exp \left[\frac{\Delta h_{m,i}}{R} \left(\frac{1}{T_{m,i}} - \frac{1}{T} \right) + \frac{\Delta h_{\phi,i}}{R} \left(\frac{1}{T_{\phi,i}} - \frac{1}{T} \right) \right],$$

где $\Delta h_{m,i}$ - теплота плавления;
 $T_{m,i}$ - температура плавления;
 $\Delta h_{\phi,i}$ - теплота фазового перехода в кристалле;
 $T_{\phi,i}$ - температура фазового перехода;
 T - температура смеси;
 R - универсальная газовая постоянная.

В табл. 3 представлены значения K_{ij} и K_{ij}^* полученные при совместной обработке данных.

Таблица 3
Значения параметров перекрестного взаимодействия

Вещество	R I4 - R 22	Ar - R I4	Ar - R 2I8	R I4 - R 2I8
K_{ij}	0,095	0,0529	0,05	0,0151
K_{ij}^*	---	0,0483	0,0475	---

Полученные значения констант ЕУС в используемой модификации для индивидуальных компонентов представлены в табл. 4.

Таблица 4
Значения констант индивидуальных веществ

Вещество	$b \cdot 10^3, \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}$	$a \cdot 10^4, \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^6}{\text{моль}^2}$	$a_1 \cdot 10^4, \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^6}{\text{моль}^2 \cdot \text{К}^{1/3}}$
R14	0,04380	13,70275	-1,57402
R22	0,05350	29,01654	-2,91463
R2I8	0,09275	55,03035	-5,97416
Ar	0,02222	3,34036	-0,36954

Использование значений K_{ij}^* , полученных при совместной обработке экспериментальных данных о равновесии жидкость-пар и жидкость-кристалл, позволило улучшить экстраполяционные свойства ЕУС в область низких температур, вплоть до появления твердой фазы (для нерасслаивающихся систем).

В приложении приводятся подробные таблицы фазового равновесия смесей $Ar - R\ 14$; $Ar - R\ 218$; $R\ 14 - R\ 218$, рассчитанные по используемому БУС в широком диапазоне исследованных параметров состояния.

ВЫВОДЫ

1. Имеющихся в литературе экспериментальных данных о фазовом равновесии жидкость-пар смесей хладонов недостаточно для проектирования криогенного оборудования.

2. Полученные экспериментальные данные о фазовом равновесии смесей $Ar - R\ 14$, $Ar - R\ 218$ и $R\ 14 - R\ 218$ а также, разработанные на их основе таблицы фазовых равновесий, могут использоваться при проектировании эффективных низкотемпературных систем охлаждения.

3. Предложенная методика совместной обработки данных о фазовом равновесии исследованных бинарных систем позволяет рассчитывать фазовое равновесие жидкость-пар на основе экспериментальной информации о фазовом равновесии типа жидкость-кристалл.

4. Полученные уравнения состояния для исследованных бинарных систем обеспечивают погрешность описания фазовых равновесий с погрешностью не более 3%.

5. Использование температурной зависимости параметра α улучшает качество описания фазового равновесия жидкость-пар для смеси $R\ 14 - R\ 22$ по сравнению с уравнениями Редлиха-Квонга, Редлиха-Квонга-Вильсона и Редлиха-Квонга-Соаве.

Основной материал диссертации опубликован в следующих работах:

1. Багинский В.А., Волчок В.А., Геллер В.З. Экспериментальное исследование фазового равновесия в системе $R\ 14 - R\ 22$ // Теплофизические свойства рабочих тел и процессы криогенной техники.-Л., 1988.-С.24-28.

2. Лапардин Н.И., Багинский В.А. Расчет фазового равновесия смеси дифторхлорметан-перфторметан // Тез. докл. научно-технической конф., посв. 25-ти летию образования КИИ им. С.Лазо. 19-21 апреля 1989г.-Кишинев, 1989.-С.77.

3. Геллер В.З., Багинский В.А. Фазовое равновесие жидкость-пар смеси аргон-октафторпропан // Нетъ и газ.-1989.-№6.-С.78.

4. Конрад С.И., Багинский В.А., Лозовский С.И. и др. // Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики: Тез. докл. 2-ой Всесоюзной конф. молодых исследователей.-Новосибирск, 1987.-С.119-120.

5. Геллер В.З., Запорожан Г.Р., Лозовский С.И. и др. Теплофизические свойства многокомпонентных хладагентов // 8-ая Всесоюзная конф. по теплофизическим свойствам веществ: Тез. докл.-Новосибирск, 1988.-С.149-150.

6. Лапардин Н.И., Багинский В.А. Уравнение состояния дифторхлорметана // Тез. докл. научно-технической конф., посв. 25-ти летию образования КИИ им. С.Лазо. 19-21 апреля 1989г.-Кишинев, 1989.-С.76.

7. Запорожан Г.В., Багинский В.А., Волчок В.А. Исследование фазового равновесия жидкость-пар в системе хладон $R\ 14$ - хладон $R\ 22$ // Новейшие исследования в области теплофизических свойств: Тез. докл. 9-ой Всесоюзной теплофизической школы.-Тамбов, 1988.-С.103.

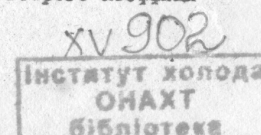
8. Багинский В.А., Лапардин Н.И., Захаров Н.Д. Исследование и расчет фазового равновесия жидкость-пар // Социально-экономические и научно-технические проблемы агропромышленного комплекса: Тез. докл. Обласной межвузовской научно-практической конф. 9-11 октября 1989г.-Одесса, 1989.-С.166.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

α, β - константы уравнения состояния; K - подгоночный параметр перекрестного взаимодействия компонентов; R - универсальная газовая постоянная; f - фугитивность; A - активность; x, y - концентрация в жидкости и паре; P - давление; T - температура; v - удельный объем; h - теплота фазового перехода.

ИНДЕКСЫ

L, V - относятся, соответственно, к жидкости и паре; i, j - к i -му и j -му компоненту; ρ, ε - расчетные и экспериментальные значения; CM - для смеси; OL - для чистой жидкости; PL , PL - при температуре плавления и при температуре фазового перехода; $\bar{}$ - для кристалла; O, I - для первого и второго коэффициентов уравнения состояния.



г.Одесса, ротапринт ОИЯТЭ. Подписано к печати 26.12.89.
БР-05603. Объем 1,0 п.л. Тираж 100. Заказ 4528-89.