

Автор едр.
Г 14

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ГАЙДА Станислав

УДК 621.564.002.61

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ФРЕОНА - 318В2

01.04.14 - теплофизика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1983

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

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор ЧАЙКОВСКИЙ В. Ф.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор ЗАГОРУЧЕНКО В. А.,
кандидат технических наук,
ст. науч. сотр. КОЗЛОВ А. Д.

Ведущая организация - Физико-химический институт АН УССР.

Защита диссертации состоится "22" апреля 1963 го-
да в 10 час. 30 мин. на заседании специализированного со-
вета К 068.35.04 в Одесском технологическом институте пищевой
промышленности им. М. В. Ломоносова по адресу: 270039, Одесса,
ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского
технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоно-
сова.

Автореферат разослан "21" марта 1963 г.

Поверніть книгу не
визначеного терміну

Элькин Г. И.

МЛП. Зам 43 - 4000 тис.

ОНАХТ 11.07.11

Экспериментальное ИС



v014224

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Повышение эффективности использования оборудования в холодильной и криогенной технике, низкотемпературной энергетике и других отраслях народного хозяйства тесно связано с поиском и внедрением новых перспективных рабочих тел, что, в свою очередь, предопределяет наличие достоверной теплофизической информации. К числу наиболее перспективных веществ, синтезированных в последнее время, относится и фреон-318B2 (1,4-дибромфторбутан $C_4F_8Br_2$). Однако, его использование ограничено практически полным отсутствием сведений о теплофизических и, в первую очередь, термических свойствах, которые необходимы для расчета и оптимизации холодильного и специального оборудования, соответствующей теплообменной аппаратуры, а также научно обоснованного ведения технологических процессов в химии фторорганического синтеза.

Настоящая работа выполнена в соответствии с координационными планами научно-исследовательских работ по комплексным проблемам "Теплофизика" АН СССР и "Разработка достоверных данных и создание массива стандартных справочных данных о теплофизических свойствах технически важных газов и жидкостей", проводимых вузами страны в 1981-1985 г.г. (приказ Минвуза СССР № 1022 от 28.10.1977 г.).

Цель работы. Экспериментальное исследование термических свойств фреона-318B2 вдоль кривой упругости и в однофазной области, разработка единого для жидкой и паровой фаз уравнения состояния и составление таблиц термодинамических свойств в широком диапазоне параметров состояния.

Научная новизна. Впервые получены экспериментальные данные о давлении насыщенных паров и ρ, ν, T -зависимости фреона-318B2. На основании проведенных исследований впервые составлены уравнение кривой упругости, единое уравнение состояния и разработаны подробные таблицы термодинамических свойств фреона-318B2 на линии насыщения и в однофазной области.

Автор защищает:

- новые экспериментальные данные о давлении насыщенных паров фреона-318B2;
- новые экспериментальные данные о ρ, ν, T -зависимости фреона-318B2 в жидкой и газовой фазе;
- таблицы термодинамических свойств фреона-318B2 на линии

Одесский технологический
институт пищевой промышлен-
ности им. В. Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

✓ 014224

Переу, ст 13 87

насыщения и в однофазной области.

Практическая ценность. Таблицы термодинамических свойств фреона-318B2, охватывающие широкий диапазон параметров состояния, могут быть использованы при технологических расчетах машин и аппаратов. Опытные данные о ρ_s, T_s - и ρ, ν, T -зависимости являются основной частью исходного массива экспериментальной информации, необходимой для разработки таблиц теплофизических свойств.

Полученные в работе результаты используются при разработке систем охлаждения и в химии фторорганического синтеза.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на Всесоюзной конференции "Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания" (г. Харьков, 1981 г.), ш-й Всесоюзной научно-технической конференции по холодильному машиностроению (г. Одесса, 1982 г.), научно-технических конференциях Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова (г. Одесса, 1980-1982 г.г.).

Публикации. По результатам проведенных исследований опубликовано 4 печатные работы.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников (сз наименования) и приложения. Содержит 93 страницы машинописного текста, в том числе 14 рисунков и 4 таблицы. В приложении к диссертации приведены таблицы термодинамических свойств и документы о внедрении результатов работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Исследование термических свойств

Исследование термических свойств (ρ_s, T_s - и ρ, ν, T -зависимости) фреона-318B2 выполнено методом пьезометра постоянного объема с мембранным нуль-индикатором. Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

Толстостенный цилиндрический пьезометр изготовлен из стали марки Х18Н10Т, имеет внутренний диаметр 40 мм, наружный - 80 мм, что обеспечивает его работу в области упругих деформаций. Основной частью пьезометра является мембранный нуль-индикатор, который из конструктивных соображений расположен отдельно от пьезометра в зоне рабочих температур и соединен с ним нержавеющей

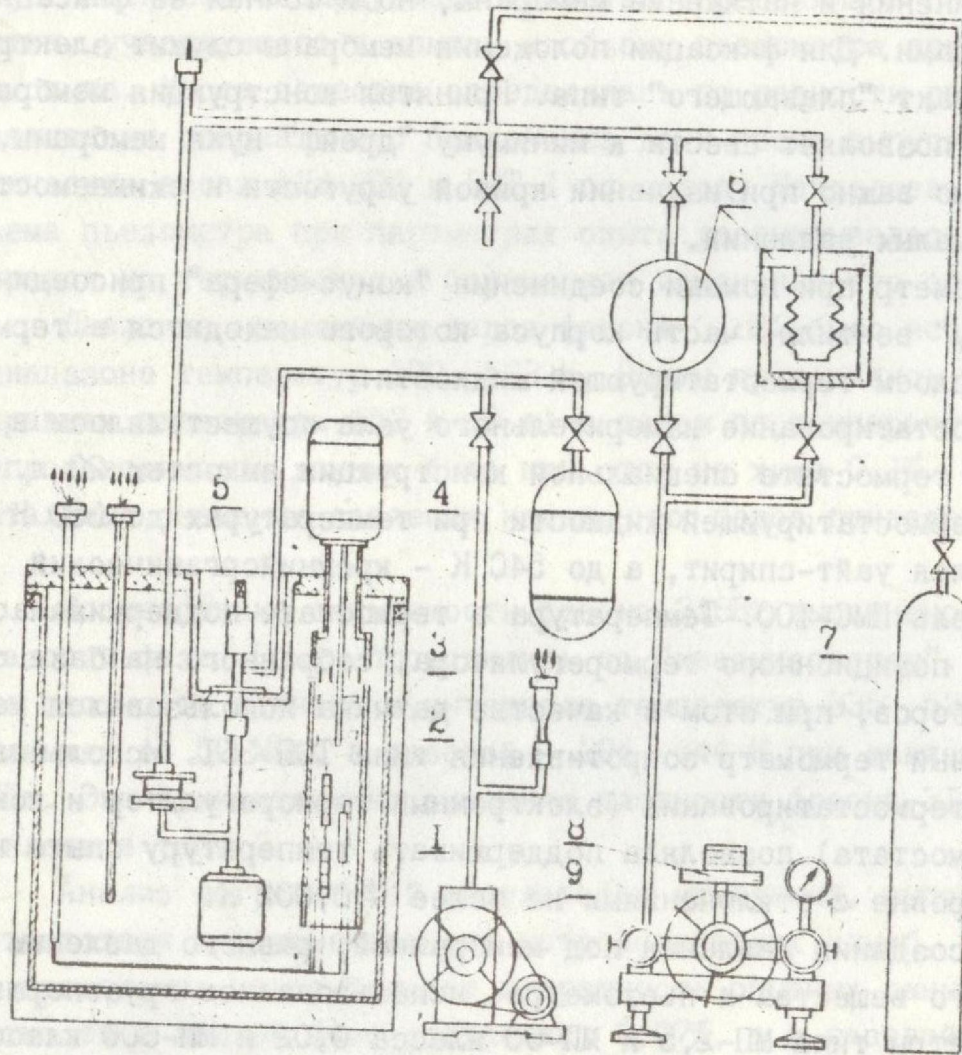


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

- 1 - пьезометр; 2 - мембранный блок; 3 - термостат; 4 - бал-
лчик с фреоном; 5 - "горячий" вентиль; 6 - разделительные
сосуды; 7 - баллон с He; 8 - грузопоршневой манометр;
9 - вакуумный насос.

щим капилляром.

Мембрана изготовлена из нержавеющей стали Х18Н10Т толщиной 0,1 мм имеет диаметр 40 мм. Она расположена между фланцами мембранного блока. При этом обеспечивается не только герметичность соединения и натяжение мембраны, но и точная ее фиксация между фланцами. Для фиксации положения мембраны служит электрический контакт "плавающего" типа. Принятая конструкция мембранного блока позволяет свести к минимуму "дрейф" нуля мембраны, что особенно важно при изучении кривой упругости и сжимаемости в области малых давлений.

Пьезометр при помощи соединения "конус-сфера" присоединен к "горячему" вентилю, часть корпуса которого находится в термостате под слоем термостатирующей жидкости.

Термостатирование измерительного узла осуществлялось в жидкостном термостате специальной конструкции емкостью 20 л. В качестве термостатирующей жидкости при температурах до 350 К использовался уайт-спирит, а до 540 К - кремнийорганический теплоноситель ПМС-100. Температура в термостате поддерживалась при помощи позиционного терморегулятора, собранного на базе серийных приборов, при этом в качестве датчика использовался малоинерционный термометр сопротивления типа ТСП-361. Используемая схема термостатирования (электронный терморегулятор и конструкция термостата) позволяла поддерживать температуру опыта на заданном уровне с отклонениями не более $\pm 0,002$ К.

Для создания давления под мембранной, равного давлению исследуемого вещества в пьезометре, использовались грузопоршневые манометры типа МП-2,5 и МП-60 класса 0,02 и МП-600 класса 0,05. В опытах по изучению кривой упругости и сжимаемости фреона-318В2 в паровой фазе система противодействия была заполнена гелием. Разделение гелия и масла грузопоршневого манометра осуществлялось в разделительном сосуде, конструкция которого позволяла визуально следить за уровнем масла.

При изучении сжимаемости в жидкой фазе система противодействия заполнена толуолом, при этом разделение толуола и масла гидропресса производилось при помощи тонкостенного полиэтиленового сильфона малой жесткости. Барометрическое давление измерялось ртутным инспекторским барометром с погрешностью 50 Па.

Температура исследуемого вещества в опыте определялась при помощи образцового платинового термометра сопротивления типа ПТС-10 и полуватоматического потенциометра постоянного тока

Р 363/1 класса 0,001.

Экспериментам по изучению термических свойств фреона-318В2 предшествовала серия тарировочных опытов на бидистиллате по определению объема пьезометра, который при $T = 293,15 \text{ К}$ и атмосферном давлении составил величину $138,097 \pm 0,026 \text{ см}^3$.

Плотность исследуемого вещества определялась по массе вещества, участвующего в опыте, и объему пьезометра при параметрах опыта. Масса вещества определялась по разности результатов взвешивания специального баллончика до и после выпуска на аналитических весах АДВ-200 и ВЛТ-1 по методу Менделеева. Величина объема пьезометра при параметрах опыта рассчитывалась с учетом поправок на термическое и барическое изменение его объема.

Давление насыщенных паров фреона-318В2 было исследовано в диапазоне температур 379 - 523 К. Опыты проводились при двух заправках пьезометра (52 и 60 г) с шагом по температуре 5 К. Воспроизводимость данных была при этом не хуже 0,1%. Экспериментальные значения давления насыщенных паров приведены в табл. 1.

Исследование сжимаемости фреона-318В2 выполнено в жидкой и газовой фазе. Опыты проводились по "квазиизохорам". В жидкой фазе плотность изучена в интервале температур 335 - 525 К при давлениях до 50 МПа, в газовой - 394 - 544 К при давлении до 2 МПа. Экспериментальные значения плотности фреона-318В2 представлены в табл. 2.

Анализ погрешностей результатов измерений, выполненный в соответствии с рекомендациями метрологических служб, показал, что предельная относительная погрешность опытных данных по плотности в жидкой фазе составляет 0,07%, а в газовой - 0,24%. Погрешность измерения давления насыщенных паров не превышает 0,1%.

Единое уравнение состояния фреона-318В2

Составление единого уравнения состояния наиболее целесообразно проводить на основе всей допустимой информации и термических, калорических и акустических свойствах с учетом ряда физических условий, отражающих конфигурацию термодинамической поверхности реального вещества.

Единое уравнение состояния фреона-318В2 составлено на основе статистической обработки наиболее достоверных данных о

Таблица 1.
Экспериментальные значения давления насыщенных паров
фреона-318В2

T, K	ρ , МПа	T, K	ρ , МПа	T, K	ρ , МПа
379,21	0,1249	428,83	0,4131	484,02	1,1712
383,04	0,1384	439,27	0,5136	488,23	1,2565
387,97	0,1576	442,62	0,5491	492,60	1,3490
387,99	0,1577	447,70	0,6064	498,46	1,4637
393,40	0,1813	453,11	0,6733	502,58	1,5850
398,16	0,2045	457,87	0,7369	506,98	1,6997
408,12	0,2599	462,66	0,8045	513,05	1,8687
418,91	0,3330	468,46	0,8940	517,55	2,0034
418,93	0,3329	478,97	1,0735	522,91	2,1734
423,30	0,3666				

Таблица 2.
Экспериментальные значения плотности фреона-318В2

T, K	ρ , МПа	ρ , кг/м ³	T, K	ρ , МПа	ρ , кг/м ³
335,09	3,0049	2008,9	390,68	14,991	1915,7
339,14	5,5727	2008,4	408,78	24,171	1913,6
343,27	8,1754	2007,9	429,63	34,668	1911,2
348,38	11,530	2007,2	457,52	48,667	1908,0
353,61	14,574	2006,6	385,64	1,6105	1853,9
360,56	18,801	2005,7	391,46	4,1588	1853,3
377,75	29,474	2003,5	398,27	7,1576	1852,5
402,98	46,666	2003,1	408,60	11,632	1851,4
348,27	3,9340	1975,4	413,97	13,955	1850,8
353,72	7,1055	1974,8	428,55	20,347	1849,2
359,03	10,148	1974,1	451,78	30,548	1846,7
364,13	13,088	1973,5	487,92	46,501	1842,4
377,96	20,865	1971,7	405,10	2,3481	1796,8
394,48	30,174	1969,8	413,07	5,4103	1796,0
420,65	45,158	1966,6	423,32	9,3616	1794,9
366,18	2,5532	1918,7	432,76	12,946	1793,9
372,70	5,8774	1917,9	452,73	19,817	1791,9
383,52	11,348	1916,7	475,59	29,724	1789,2

Т, К	ρ , МПа	ρ , кг/м ³	Т, К	ρ , МПа	ρ , кг/м ³
501,30	39,767	1787,5	463,28	0,2078	20,223
526,11	49,508	1783,9	503,69	0,2309	20,177
423,73	0,7853	1716,0	542,96	0,2527	20,136
434,34	4,1753	1714,9	426,02	0,3588	41,036
444,64	7,4840	1713,9	443,37	0,3899	40,999
454,72	10,750	1713,0	484,60	0,4380	40,906
473,63	16,745	1710,8	503,46	0,4587	40,865
497,26	24,398	2408,5	522,25	0,4816	40,825
519,21	31,449	1706,4	541,88	0,4946	40,784
542,23	38,955	1704,1	444,05	0,5454	62,598
444,98	1,1807	1634,5	464,70	0,5872	62,531
455,08	3,9158	1633,6	483,31	0,6238	62,461
464,72	6,8399	1632,7	503,58	0,6625	62,395
479,16	10,476	1631,4	542,45	0,7216	62,269
497,95	15,583	1929,3	464,40	0,7072	79,034
521,74	22,070	1627,1	478,46	0,7487	78,964
544,37	28,220	1625,0	507,57	0,8336	78,843
464,32	1,4904	1548,4	523,13	0,8780	78,779
474,28	3,7749	1547,6	544,01	0,9327	78,694
484,48	6,1106	1546,5	480,09	1,0109	120,99
493,70	8,1736	1545,7	497,54	1,0857	120,88
511,83	12,268	1544,1	513,92	1,1542	120,77
528,28	15,935	1542,7	527,66	1,2119	120,69
544,52	19,549	1541,3	543,33	1,2797	120,59
483,55	1,9306	1456,0	492,87	1,3108	167,78
498,80	4,6920	1454,7	510,06	1,4183	167,63
517,09	8,0596	1453,2	526,75	1,5224	167,49
533,24	11,005	1452,0	542,78	1,6228	167,35
545,23	13,130	1451,0	501,89	1,4995	199,71
498,82	1,8577	1351,8	514,60	1,6038	199,58
514,24	4,0132	1350,6	528,60	1,7181	199,43
529,52	6,2274	1349,5	543,46	1,8403	199,28
545,24	8,5227	1348,4	508,94	1,7114	244,89
393,86	0,16910	20,295	519,26	1,8200	244,76
413,16	0,18014	20,275	531,39	1,9448	244,60
442,85	0,19643	20,244	543,56	2,0671	244,45

плотности жидкой и паровой фаз с учетом условия термодинамического равновесия на границе двухфазной области жидкость - пар и представлено в виде

$$Z = 1 + \sum_{i=1}^r \sum_{j=0}^{s_i} b_{ij} \omega^j / \tau^j, \quad (1)$$

где $\omega = \rho / \rho_{кр}$; $\tau = T / T_{кр}$; $T_{кр} = 526,98$ К; $\rho_{кр} = 737,3$ кг/м³.

Критические параметры определялись по методике Лидерсена.

Используемое уравнение в виде (1) является, на наш взгляд, наиболее удобным для нахождения начального приближения методом наименьших квадратов, так как полученная система нормальных уравнений линейна относительно искомым коэффициентов.

Процесс составления единого уравнения состояния был разбит на три этапа:

- получение приближенного уравнения состояния и расчет с его помощью весов опытных данных;
- составление вспомогательного уравнения с учетом весов опытных данных, вычисляемых по приближенному уравнению состояния;
- составление основного уравнения на основе данных о термодинамических свойствах с учетом условия термодинамического равновесия фаз на границе двухфазной области жидкость - пар; оценка качества полученного уравнения состояния.

При составлении уравнения состояния в качестве весов в каждой опытной точке для коэффициента сжимаемости были приняты величины $1/\Delta Z_i^2$, где:

$$\Delta Z_i^2 = [Z_i (\delta \rho_i + \delta \rho_i + \delta T_i)]^2 + [T_i \delta T_i (\frac{\partial Z}{\partial T})_p]^2 + [\rho_i \delta \rho_i (\frac{\partial Z}{\partial \rho})_T]^2. \quad (2)$$

Значения производных в выражении (2) рассчитывались по приближенному уравнению состояния.

Вспомогательное уравнение состояния составлялось на основе опытных ρ, v, T -данных с учетом их весов, рассчитанных по формуле (2) методом машинного эксперимента, предложенным в работе Г.А. Спиридонова, А.Д. Козлова и В.В. Сычева. Перебор вариантов уравнения обеспечивался варьированием числа коэффициентов. При этом для каждого варианта рассчитывались средние квадратические погрешности, отклонения в каждой опытной точке и гистограмма отклонений. Коэффициенты уравнений усреднялись по всей совокупности уравнений состояния и использовались в дальнейшем в качестве начального приближения коэффициентов основного уравнения.

Основное уравнение составлялось с учетом условия фазового равновесия на границе двухфазной области жидкость - пар. Коррекция коэффициентов вспомогательного уравнения производилась при помощи разработанной в ОТИШ им. М. В. Ломоносова программы нелинейной аппроксимации в результате минимизации методом случайного поиска функционала

$$S = S_p + S_r, \quad (3)$$

где S_p - слагаемое, ответственное за p, v, T -данные; S_r - слагаемое, ответственное за равенство изобарно-изотермических потенциалов на линии насыщения в жидкой и паровой фазах.

Первое слагаемое представлено в виде

$$S_p = \sum_{k_1=1}^{n_1} W_{k_1} [z_{k_1} - z(\omega_{k_1}, \tau_{k_1}, \bar{\theta})], \quad (4)$$

второе -

$$S_r = \sum_{k_2=1}^{n_2} W_{k_2} [\rho(\omega_{k_2}, \tau_{sk_2}, \bar{\theta}) - \rho(\omega'_{k_2}, \tau_{sk_2}, \bar{\theta})]^2 + \sum_{k_3=1}^{n_3} W_{k_3} [(z'_{k_3} - z_{k_3}) - \int_{\omega'_{k_3}}^{\omega_{k_3}} z(\omega_{k_3}, \tau_{sk_3}, \bar{\theta}) \frac{d\omega}{\omega}]. \quad (5)$$

Необходимая для формирования второго слагаемого информация о давлении насыщенных паров была получена на основании уравнения кривой упругости, полученного в виде

$$\ln p_s = \sum_{i=0}^5 a_i (100/T)^{i-1}, \quad (6)$$

где $a_0 = 2,857280 \cdot 10^0$; $a_3 = 2,501899 \cdot 10^2$;
 $a_1 = -3,050523 \cdot 10^1$; $a_4 = -2,326299 \cdot 10^3$;
 $a_2 = 9,812035 \cdot 10^1$; $a_5 = 3,510857 \cdot 10^3$.

Уравнение (6) описывает экспериментальные данные с максимальной погрешностью 0,12%, средней квадратической - 0,06%.

Единому уравнению состояния фреона-318В2 соответствует следующая матрица коэффициентов

$$\{S_i\} = (S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7) = (8, 8, 8, 8, 8, 8, 0), \quad (7)$$

численные значения которых представлены в табл. 3.

Полученное уравнение состояния описывает опытные данные о плотности фреона-318В2 со средним квадратическим отклонением

Таблица 3.
Коэффициенты единого уравнения состояния фреона-318В2

i, j	b_{ij}	i, j	b_{ij}
1,0	-0,110979782 10^4	4,4	0,671396332 10^2
1,1	0,109149707 10^4	4,5	0,114907484 10^2
1,2	-0,297802954 10^4	4,6	-0,164396820 10^2
1,3	0,338869092 10^4	4,7	0,342762604 10^2
1,4	-0,138404858 10^4	5,0	-0,709336662 10^1
1,5	-0,289239595 10^3	5,1	0,266780548 10^2
1,6	0,495138164 10^3	5,2	0,212855988 10^2
1,7	-0,113652954 10^3	5,3	-0,294177246 10^2
2,0	0,172587265 10^3	5,4	0,295091858 10^2
2,1	-0,321162598 10^3	5,5	-0,605974865 10^1
2,2	-0,291032959 10^3	5,6	-0,205434875 10^2
2,3	0,816907227 10^3	5,7	-0,519769478 10^1
2,4	-0,299630371 10^3	6,0	0,266341248 10^2
2,5	-0,217687912 10^3	6,1	-0,816013672 10^2
2,6	0,186651428 10^3	6,2	0,548629913 10^2
2,7	-0,508856506 10^2	6,3	0,134393177 10^2
3,0	-0,312991211 10^3	6,4	-0,389282684 10^2
3,1	0,924888428 10^3	6,5	0,202903442 10^2
3,2	-0,601238525 10^3	6,6	0,220554256 10^1
3,3	-0,302147461 10^3	6,7	0,189773440 10^0
3,4	0,370102783 10^3	7,0	-0,796798897 10^1
3,5	-0,291900635 10^2	7,1	0,277487030 10^2
3,6	-0,166169434 10^2	7,2	-0,303197021 10^2
3,7	-0,201747437 10^2	7,3	0,106709013 10^2
4,0	0,640824127 10^2	7,4	0,463769150 10^1
4,1	-0,299434082 10^3	7,5	-0,577550507 10^1
4,2	0,405085938 10^3	7,6	0,158012962 10^1
4,3	-0,281439209 10^3	7,7	-0,255741775 10^0

0,78%, а также достаточно хорошо удовлетворяет условию термодинамического равновесия фаз на границе жидкость - пар.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что уравнение состояния фреона-318В2 в виде (I) с достаточной точностью описывает включенные в обработку массив ρ, v, T -дан-

ных и удовлетворяет условию термодинамического равновесия на границах двухфазной области.

По уравнению (1) с использованием дифференциальных соотношений термодинамики рассчитаны приведенные в диссертации таблицы термодинамических свойств (ρ, h, S, C_p, C_v) фреона-318В2 на кривой насыщения и в однофазной области в диапазоне температур 360 - 550 К и давлений 0,1 - 60 МПа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Создана экспериментальная установка для исследования термических свойств газов и жидкостей в интервале температур 250 - 550 К и давлений 0,1 - 60 МПа, реализующая метод пьезометра постоянного объема. Блок мембранного разделителя термостатировался при температуре опыта, что позволило исключить балластный объем и тем самым повысить точность измерений.
2. Впервые экспериментально изучена ρ, T_s - зависимость фреона-318В2 в интервале температур 379 - 523 К.
3. Исследована ρ, v, T - зависимость фреона-318В2 в жидкой фазе в диапазоне температур 335 - 525 К при давлениях до 50 МПа, а в газовой - 394 - 544 К при давлениях до 2 МПа. Данные о плотности получены впервые.
4. Разработано единое для газовой и жидкой фаз уравнение состояния фреона - 318В2, описывающее его термические свойства во всем исследованном диапазоне параметров. Средняя квадратическая погрешность аппроксимации данных о плотности составляет 0,7%. Уравнение обеспечивает условие термодинамического равновесия на границе двухфазной области жидкость - пар.
5. Составлено уравнение, описывающее с высокой точностью ρ, T_s - зависимость фреона - 318В2 во всем изученном диапазоне параметров.
6. Рассчитаны таблицы справочных данных о термодинамических свойствах (ρ, h, S, C_p, C_v) жидкого и газообразного фреона - 318В2 на линии насыщения и в однофазной области в широком диапазоне параметров состояния.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Гайда С. Термические свойства фреона-318B2. - В кн.: Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции "Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания". - Харьков, 1981, с.263-264.
2. Комплексное исследование теплофизических свойств новых хладагентов /В.З.Геллер, Г.В.Запорожан, С.Гайда и др. - В кн.: Тезисы докладов ш-й Всесоюзной научно-технической конференции по холодильному машиностроению. - М.: ЦНИИТИХИМНефтемаш, 1982, с.12-13.

Гайда

Подл. к печати 16.03.83 г. Формат 60 x 84 1/16.

Объем 0,6 уч. изд. л. 0,75 п. л. Заказ № 1262. Тираж 100 экз.

Гортинография Одесского облполиграфиздата, цех № 3,

Ленина, 49.