

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

М. Р. Мустафаев, Я. М. Назиев, Ш. К. Касимова, Вязкость перфтортрипропиламина, перфтортрибутиламина и перфторметилдибутиламина в широкой области параметров состояния, *ТВТ*, 1995, том 33, выпуск 4, 569–572

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 34.239.153.44

3 ноября 2024 г., 12:55:18



УДК 532.133

ВЯЗКОСТЬ ПЕРФТОРТРИПРОПИЛАМИНА, ПЕРФТОРТРИБУТИЛАМИНА И ПЕРФТОРМЕТИЛДИБУТИЛАМИНА В ШИРОКОЙ ОБЛАСТИ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ

© 1995, г. М. Р. Мустафаев, Я. М. Назиев, Ш. К. Касимова

Азербайджанский технический университет, г. Баку

Поступила в редакцию 11.07.94 г.

Перфторуглероды в последние годы все более широко применяются в биотехнологии, медицине и технике. Поиск термически стабильных, негорючих и нетоксичных рабочих жидкостей привел к выбору перфторуглеродов. Вместе с тем данные по вязкости перфторуглеродов в литературе отсутствуют, что делает актуальным ее исследование.

В представленной работе приведены впервые полученные экспериментальные данные по вязкости в жидком и плотно газовом состоянии перфтортрипропиламина, перфтортрибутиламина, перфторметилдибутиламина в интервале температур 293 - 593 К и давлении до 50 МПа. Работа является частью комплексных исследований по экспериментальному изучению теплофизических свойств перфторуглеродов [1 - 7], проводимых авторами. Содержание основного продукта в реактивах составляло не ниже 99%.

Опыты проведены на вновь созданной экспериментальной установке, реализующей модифицированный вариант метода падающего груза. Конструкция измерительного прибора и методика проведения экспериментов по измерению вязкости приведены в [8, 9].

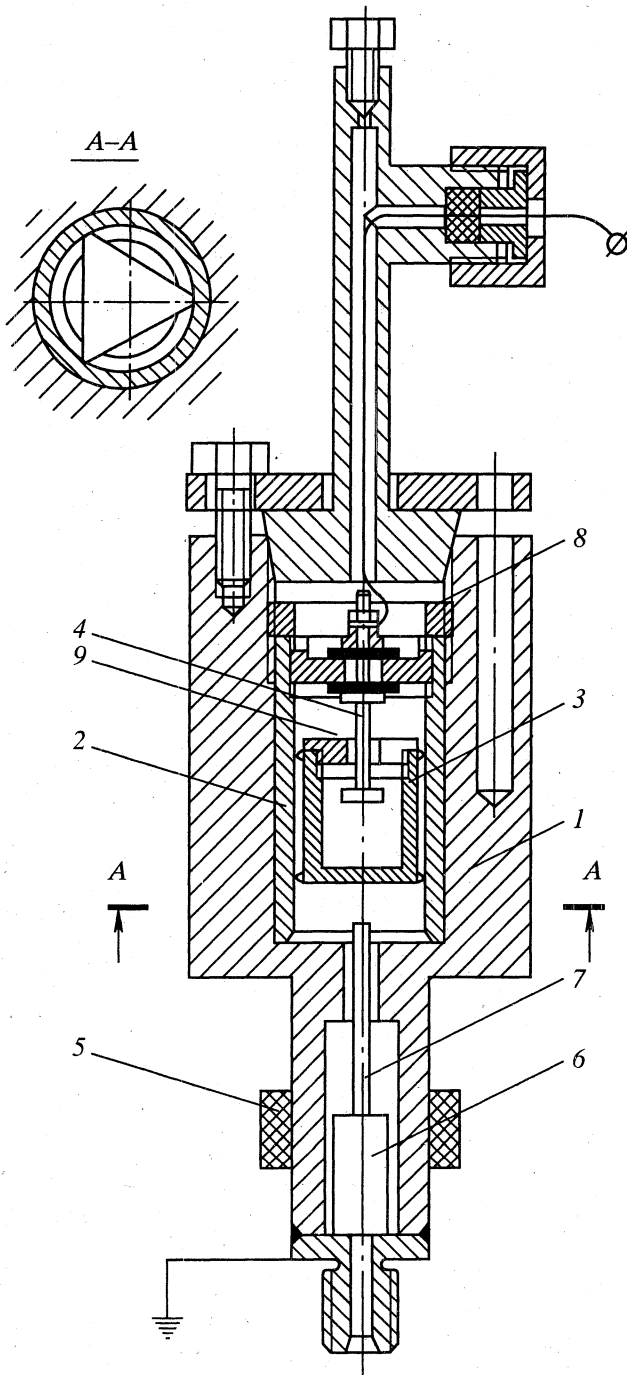
Использованный вискозиметр основан на неустановившемся движении груза, рабочий ход которого строго фиксирован, а ограничители одновременно служат отметчиками начала и конца движения. Для фиксации времени перемещения груза использован электроконтактный метод. Вискозиметрический цилиндр и груз изготовлены из одного и того же неферромагнитного материала. Для возвращения груза в исходное положение применен электромагнит, установленный в нижней части корпуса с внешней стороны, сердечник которого снабжен немагнитным штоком.

Схема прибора изображена на рисунке. Прибор состоит из вертикального металлического герметичного корпуса 1 (внутри которого находится вискозиметрический цилиндр 2 с цилиндрическим грузом 3), электрического контакта 4, электромагнита 5, сердечника из ферромагнитного металла 6 с жестко соединенным с ним штоком 7. Верхний конец вискозиметриче-

ского цилиндра плотно прижимается к корпусу при помощи гайки с резьбой 8. В корпусе имеется отверстие для размещения термометра, в верхней части предусмотрен вентиль высокого давления для удобства заполнения и продувки прибора. Цилиндрический груз 3 представляет собой пустотелую форму с дном и крышкой с резьбой 9, имеющей в центре цилиндрическое отверстие и радиальную прорезь с одной стороны. Коаксиальность движения груза в цилиндре обеспечивается за счет строго центрированных направляющих, расположенных в конце груза. Электропровод, соединенный с электроконтактом 4, изолируется от корпуса и при помощи специального уплотнительного устройства выводится наружу для подключения электронного устройства, связанного с частотомером. Схема электронного устройства для управления частотомером приведена в [9].

Прибор работает следующим образом. Автоклав 1 заполняется исследуемым веществом, затем создаются необходимые температура и давление. Далее включается электромагнит 5, который при помощи сердечника 6 и штока 7 поднимает груз до верхнего ограничителя электроконтакта 4 и, тем самым, замыкает электроконтакт с корпусом (массой) через вискозиметрический цилиндр 2. В таком положении электронное устройство приводится в исходное состояние. После этого электромагнит выключается, и сердечник и груз возвращаются в исходное положение (зазор между сердечником и корпусом подбирается так, что скорость падения сердечника опережает скорость падения груза). При отходе груза от верхнего крайнего положения электронное устройство запускает счетчик частотомера, и он продолжает работать до тех пор, пока груз не достигнет крайнего нижнего положения.

Теории вискозиметра, работающего по принципу падающего груза, посвящен ряд работ [10 - 17], но наиболее обоснованно это сделано в работах [12, 17]. Зафиксировав время падения груза и располагая геометрическими параметрами вискозиметра



Вискозиметр (расшифровку цифровых обозначений см. в тексте).

и плотностью исследуемого вещества, вязкость в [17] определяли по формуле

$$L = -\frac{1}{2a} \left\{ (b + \sqrt{-\Delta}) \tau + 2 \ln \left[\frac{(b + \sqrt{-\Delta}) \exp(-\tau \sqrt{-\Delta}) - b + \sqrt{-\Delta}}{2\sqrt{-\Delta}} \right] \right\}, \quad (1)$$

где $a = -\pi r_1^2 \rho A / m$; $b = 2\pi l_{\text{гр}} \eta (1 + G^2) / \{m[1 - G^2 + (1 + G^2) \ln G]\}$; $G = r_0 / r_1$; $\Delta = 4ac - b^2$; $c = gm_{\text{гр}}(1 - \rho / \rho_{\text{гр}}) / m$; $m = m_{\text{гр}} + \rho V_{\text{вн}}$; L — ход груза; τ — время падения; $m_{\text{гр}}$, $\rho_{\text{гр}}$, r_0 , $l_{\text{гр}}$ — масса, плотность, радиус и длина груза; r_1 — радиус цилиндра; $V_{\text{вн}}$ — внутренний объем груза; ρ , η — плотность и динамический коэффициент вязкости вещества

$$A = \frac{1}{[1 - G^2 + (1 + G^2) \ln G]^3} \times \left\{ \frac{1 - G_1^2}{8} [1 - 3(G^2 + G^4 + G^6)] - \frac{1 - G_1^4}{32} (15 - 6G^2 + 3G^4) + \frac{1 - G_1^6}{12} (5 - G^2) - \frac{1 - G_1^8}{8} - \left[\frac{3G_1^2}{4} (1 + G^2 + G^4 + G^6) - \frac{9G_1^2}{8} \left(1 + \frac{2}{3}G^2 - \frac{1}{3}G^4 \right) + \frac{G_1^6}{2} (1 + G^2) \right] \ln G_1 - \left[\frac{3G_1^2}{4} (1 + G^2 - G^4 - G^6) - \frac{3G_1^4}{4} (1 + 2G^2 + G^4) \right] (\ln G_1)^2 - \frac{G_1^2}{2} (1 + 3G^2 + 3G^4 + G^6) (\ln G_1)^3 \right\}.$$

Значение G_1 определяется из уравнения

$$1 - G_1^2 + (1 + G^2) \ln G_1 = 0.$$

Вычисление η из (1) осуществлено на ЭВМ численным методом "половинного деления".

Вискозиметр имеет следующие параметры: $r_1 = 0.010044$ м; $r_0 = 0.00990$ м; $l_{\text{гр}} = 0.0667$ м; $l = 0.020$ м; $\rho_{\text{гр}} = 4715.0$ кг/м³; $m_{\text{гр}} = 0.075318$ кг. Груз, вискозиметрический цилиндр и автоклав изготовлены из титана.

Температура опыта измерялась платиновым термометром сопротивления ПТС-10 с погрешностью 0.05 К. Давление измерялось грузопоршневым манометром МП-600 класса точности 0.05. опыты проведены по изотермам при одинаковых значениях давлений.

Полученные сглаженные значения динамической вязкости приведены в табл. 1 - 3. Анализ показывает, что погрешность экспериментальных данных не превышает 1.5%. Согласованность полученных данных проверялась построением η - T и η - P сечений, анализ которых показал, что разброс опытных данных относительно сглаживающих кривых не превышает 0.5%.

Таблица 1. Экспериментальные значения динамической вязкости перфтортрипропиламина $\eta \times 10^7$ [Па с]

T, К	P, МПа							
	0.1	3.04	5.00	9.91	19.71	29.52	39.33	49.13
293.15	17097	18436	19350	21728	27045	33488	41503	51306
313.15	11692	12709	13403	15198	19103	23609	29019	35686
333.15	8540	9281	9789	11110	13983	17243	21064	25735
353.15	6541	7082	7455	8431	10574	13005	15816	19185
373.15	5169	5578	5861	6601	8236	10101	12243	14740
393.15	4157	4489	4716	5305	6589	8054	9739	11640
413.15	–	3658	3856	4354	5400	6577	7938	9422
433.15	–	2998	3184	3636	4521	5485	6611	7797
453.15	–	2457	2644	3079	3857	4659	5613	6581
473.15	–	2007	2200	2637	3346	4023	4847	5653
493.15	–	1631	1832	2280	2944	3522	4248	4930
513.15	–	1318	1525	1987	2623	3120	3772	4356
533.15	–	1061	1270	1745	2360	2790	3388	3893
553.15	–	853	1060	1544	2141	2515	3074	3511
573.15	–	688	890	1378	1956	2280	2815	3192
593.15	–	561	756	1241	1795	2076	2599	2920

Таблица 2. Экспериментальные значения динамической вязкости перфтортрибутиламина $\eta \times 10^7$ [Па с]

T, К	P, МПа							
	0.1	3.04	5.00	9.91	19.71	29.52	39.33	49.13
293.15	34048	35015	35957	39203	48588	60140	72637	88106
313.15	22362	24138	25342	28439	35179	43065	52604	64063
333.15	15855	17440	18472	20984	25997	31710	38864	47392
353.15	11899	13076	13849	15755	19604	23951	29293	35702
373.15	9290	10085	10628	12036	15082	18515	22522	27404
393.15	7434	7940	8313	9358	11830	14617	17658	21438
413.15	6024	6343	6603	7402	9455	11762	14111	17091
433.15	4894	5114	5311	5955	7695	9629	11486	13880
453.15	3957	4145	4315	4870	6371	8006	9515	11476
473.15	–	3369	3535	4047	5361	6749	8014	9649
493.15	–	2742	2917	3414	4578	5760	6855	8239
513.15	–	2234	2423	2921	3963	4970	5947	7133
533.15	–	1824	2028	2533	3473	4331	5224	6249
553.15	–	1496	1709	2222	3076	3808	4639	5528
573.15	–	1236	1454	1969	2748	3374	4158	4923
593.15	–	1034	1251	1761	2472	3011	3752	4402

Таблица 3. Экспериментальные значения динамической вязкости перфторметилдибутиламина $\eta \times 10^7$ [Па с]

T, K	P, МПа							
	0.1	3.04	5.00	9.91	19.71	29.52	39.33	49.13
293.15	19672	21208	22258	24988	31060	38307	47145	57768
313.15	13834	14946	15708	17689	22047	27117	33174	40500
333.15	10173	11001	11566	13030	16222	19894	24236	29431
353.15	7743	8380	8812	9923	12323	15071	18304	22090
373.15	6042	6550	6893	7766	9628	11749	14233	17069
393.15	4790	5215	5500	6215	7711	9395	11356	13537
413.15	—	4202	4450	5065	6311	7682	9268	10988
433.15	—	3405	3633	4188	5264	6406	7716	9104
453.15	—	2763	2982	3504	4464	5433	6537	7682
473.15	—	2235	2452	2962	3841	4675	5562	6588
493.15	—	1797	2017	2527	3349	4073	4912	5730
513.15	—	1433	1656	2174	2954	3585	4346	5047
533.15	—	1131	1358	1889	2634	3183	3893	4496
553.15	—	884	1112	1659	2373	2845	3530	4044
573.15	—	684	911	1475	2159	2557	3241	3671
593.15	—	524	748	1333	1984	2309	3016	3360

При контрольных измерениях вязкости жидких толуола и *n*-гептана были получены результаты, хорошо согласующиеся с надежными литературными данными [18].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назиев Я.М., Мустафаев М.Р., Джавадова С.А. // ТВТ. 1993. Т. 31. № 3. С. 378.
2. Мустафаев М.Р., Иманов А.С., Джавадова С.А. / Уч. зап. АзГУ. 1992. № 3. С. 109.
3. Мустафаев М.Р., Иманов А.С., Джавадова С.А. / Уч. зап. АзГУ. 1992. № 4. С. 72.
4. Назиев Я.М., Мустафаев М.Р., Джавадова С.А. // Изв. вузов. Нефть и газ. 1993. № 4. С. 61.
5. Назиев Я.М., Мустафаев М.Р., Джавадова С.А., Иманов А.С. // Изв. вузов. Нефть и газ. 1994. № 1. С. 63.
6. Мустафаев М.Р., Назиев Я.М., Иманов А.С. Теплопроводность некоторых перфторуглеродов // ТВТ. 1995. Т. 33. № 1. С. 24.
7. Мустафаев М.Р., Назиев Я.М., Кахраманов М.К. Плотность некоторых перфторуглеродов // ТВТ. 1995. № 3. С. 359.
8. Мустафаев М.Р., Назиев Я.М., Касимова Ш.К., Садыхов В.М. Устройство для определения вязкости жидкостей и газов: А. с. № 1267217, СССР // Б.И. 1986. № 40.
9. Мустафаев М.Р., Касимова Ш.К., Садыхов В.М. // Тематический сб. научн. тр. АзПИ им. Ч. Ильдрьма. Баку, 1987. С. 53.
10. Гусейнов С.О. // Нефть и газ. 1983. № 10. С. 57.
11. Мустафаев М.Р. // Тематический сб. научн. тр. АзПИ "Теплофизические и гидродинамические исследования жидкостей". Баку, 1985. С. 84.
12. Мустафаев М.Р. Деп. в АзНИИНТИ, 14.02.86, № 465. 43 с.
13. Назиев Я.М. // Нефть и газ. 1986. № 11.
14. Назиев Я.М. // Нефть и газ. 1987. № 2. С. 54.
15. Кадиров Н.Б. // Нефть и газ. 1988. № 6. С. 62.
16. Мустафаев М.Р., Назиев Д.Я., Джавадова С.А. // Тематический сб. научн. тр. АзГУ "Теплофизические исследования жидкостей и газов при высоких параметрах состояния". Баку, 1991. С. 41.
17. Мустафаев М.Р. // Нефть и газ. 1992. № 1 - 2. С. 63.
18. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. 720 с.