

ХОЛОДИЛЬНІ ТА СУПУТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 536.632

Д. А. Івченко, В. П. Железний, І. В. Мотовой, К. А. Шестопапов

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная 112, г. Одесса, 65039, Украина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ РАСТВОРОВ ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА В ТРИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕ

В работе представлены новые экспериментальные данные по изохорной теплоемкости со стороны двухфазной области для диметилового эфира DME, триэтиленгликоля TEG и растворов DME/TEG при массовых концентрациях DME 20,8% и 74,7% в температурном диапазоне от 152 К до 324 К. В работе рассматриваются температурные и концентрационные зависимости теплоемкости жидкой фазы на линии насыщения для растворов диметилового эфира в триэтиленгликоле. Неопределенность экспериментальных данных не превышает 0,45%.

Ключевые слова: Диметиловый эфир; Триэтиленгликоль; Экспериментальное исследование; Адиабатный калориметр; Теплоемкость.

Д. О. Івченко, В. П. Железний, І. В. Мотовий, К. О. Шестопапов

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна 112, м. Одеса, 65039, Україна

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЄМНОСТІ РОЗЧИНІВ ДИМЕТИЛОВОГО ЕФИРУ В ТРИЕТИЛЕНГЛІКОЛІ

У роботі представлено нові експериментальні дані ізохорної теплоємності з боку двохфазної області для диметілового ефіру DME, тріетіленгліколю TEG і розчинів DME/TEG при масових концентраціях DME 20,8% і 74,7% в температурному діапазоні від 152 К до 324 К. У роботі розглядаються температурні та концентраційні залежності теплоємності рідкої фази на лінії насичення для розчинів DME/TEG. Невизначеність експериментальних даних не перевищує 0,45%.

Ключові слова: Диметіловий ефір; Тріетіленгліколь; Експериментальне дослідження; Адіабатний калориметр; Теплоємність.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

I. ВВЕДЕНИЕ

Оптимальный выбор рабочих тел для холодильного оборудования является важным направлением повышения эффективности оборудования и интенсификации технологических процессов. Для развития этого направления необходимо располагать информацией о свойствах рабочих тел.

Теплоемкость является одним из самых важных калорических свойств рабочих тел и теплоносителей, которые определяют эффективность технологических процессов. Однако, опубликованные в настоящее время в литературе методики прогнозирования теплоемкости растворов [1] остаются недостаточно разработанными применительно к растворам хладагент / масло (РХМ) и требуют своего дальнейшего развития.

Следует подчеркнуть, что термодинамическое моделирование свойств РХМ затруднено по нескольким причинам. Во-первых, отсутствует информация о составе компрессорного масла, которая является

коммерческой тайной фирм-производителей. Во-вторых, в литературе практически отсутствует информация о критических (псевдокритических) параметрах термически нестабильных компрессорных масел. Этим трудностям можно избежать, рассматривая в качестве объекта исследования термодинамические системы, моделирующие свойства РХМ.

Основными требованиями, предъявляемыми к веществу, моделирующему свойства компрессорного масла, являются: наличие информации о критических параметрах; низкие значения давления насыщенных паров в интервале параметров работы холодильной техники; высокое значение молекулярной массы, данные о которой имеются в литературе; неограниченная смешиваемость с хладагентом в широком интервале температур.

В предлагаемой работе в качестве объекта исследования выбран раствор диметилового эфира (dimethyl ether – DME CAS 115-10-6) в триэтиленгликоле (triethylene glycol – TEG CAS 112-27-6), который полностью удовлетворяет перечисленным выше тре-

бованіям. Результати експериментального дослідження тиску насичених парів, густоти і поверхневого натягнення розчинів DME/TEG приведено в роботі [2].

Аналіз існуючих літературних даних показує, що раніше вже проводилося експериментальне дослідження компонентів досліджуємих розчинів [3-8]. Результати експериментального дослідження теплоємності TEG представлені в [3], [4]. Для вимірювання теплоємності TEG в температурному діапазоні від температури розкладання до температури розкладання в роботі [5] використовувався диференціальний скануючий калориметр. В роботі [6] представлені результати вимірювання ізобарної теплоємності рідкої фази DME в температурному діапазоні від 305 К до 365 К і тисках до 5 МПа. Неопределенність визначення теплоємності становила 2,1%. Результати дослідження теплоємності DME представлені в [7], [8].

II. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗОХОРНОЇ ТЕПЛОЄМНОСТІ СО СТОРОНИ ДВУХФАЗНОЇ ОБЛАСТІ

Експериментальне дослідження ізохорної теплоємності со сторони двухфазної області розчинів DME/TEG проводилося на низкотемпературній адиабатическій калориметрическій установці, детальне описання котрої приведено в [10].

В проведенних дослідженнях використовувались зразки DME і TEG з вмістом основного продукту 99,95% і 96,4%, відповідно.

Для визначення удільних теплових втрат і теплового значення калориметра при різних температурах були проведені спеціальні тарифувальні експерименти. Температурна залежність теплових втрат від калориметра до калориметрическої оболонки була апроксимована залежністю

$$P_{hl} = a + b/T^2, \quad (1)$$

де P_{hl} – удільні теплові втрати, Вт; a і b – коефіцієнти: $a = 2,2747 \cdot 10^{-3}$, $b = -39,0627$.

Отримані в експерименті дані про тепловий значення калориметра були апроксимовані рівнянням

$$A = \exp(a + b \cdot \ln T / T), \quad (2)$$

де A – теплове значення калориметра, Дж/К; a і b – коефіцієнти: $a = -2,8968$, $b = -20,1543$; T – абсолютна температура, К.

При реалізації методу монотонного нагріву швидкості нагріву досліджуємих зразків в калори-

метре не перевищали $dT/dt < 10^{-3}$ град/сек. При цьому неперервно подавана потужність на калориметрическій нагрівач не перевищала 0,5 Вт. При реалізації режиму неперервного нагріву попередньо встановлюється нульова різниця температур між контейнером з зразком і адиабатическою оболонкою. В цьому випадку енергія, виділяема калориметрическім нагрівачем, визначає характер зміни температури досліджуємого зразка.

В методі монотонного нагріву теплоємність досліджуємих зразків розраховувалася з відношення:

$$c_V = \frac{P_{sh} - P_{hl}}{m \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t}} \cdot \frac{A(T)}{m}, \quad (3)$$

де c_V – ізохорна теплоємність; P_{sh} – середня потужність підводима до калориметру, Вт; P_{hl} – потужність теплових втрат при середній температурі спробу T_{av} , Вт; ΔT – зміна температури калориметра за час Δt ; m – маса досліджуємого зразка, кг; $A(T)$ – теплове значення калориметра при середній температурі спробу T_{av} , Дж/К.

Оскільки зразок РХМ в вимірительному контейнері калориметра знаходиться в двухфазному стані, частина підведеної до зразка енергії витрачалася на нагрів насиченого пара. Тому з використанням отриманої раніше інформації про терміческіє властивості розчинів DME/TEG [2] вводилася поправка на кількість енергії витрачаної на нагрів парової фази двухфазного зразка. Виконаний аналіз показує, що кількість тепла на збільшення температури парової фази зразків в калориметрі не перевищує 0,21% від кількості тепла подведеного до зразка.

Степень сухості досліджуємих зразків в двухфазному стані при нагріву в калориметрі змінювалася на величину не більше ніж 0,0035. Аналіз отриманих експериментальних даних показує на зміну концентрації рідкої фази розчинів DME/TEG при збільшенні температури зразка в вимірительній ячейці. Причому ці зміни концентрації тим більше, чим вище концентрація TEG в розчині. Виконаний аналіз показує, що таке невелике зміну концентрації рідкої фази розчинів вносить незначительний вклад в вимірюєміє значення теплоємності (не більше 0,28%).

При розрахунку теплоємності на лінії кипіння враховувалася зміна як ступеня сухості зразка, так і кількості тепла витраченого на нагрів парової фази.

Результати експериментального дослідження ізохорної теплоємності розчинів DME/TEG в двухфазній області і теплоємності чистих компонентів приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати експериментального дослідження ізохорної теплоємності в двухфазній області і теплоємності на лінії кипіння для розчинів ДМЕ/ТЕГ.

T, K	$w_{DME}, \text{г/г}$	$C_v, \text{Дж/кг/К}$	$C'_s, \text{Дж/кг/К}$	T, K	$w_{DME}, \text{г/г}$	$C_v, \text{Дж/кг/К}$	$C'_s, \text{Дж/кг/К}$	T, K	$w_{DME}, \text{г/г}$	$C_v, \text{Дж/кг/К}$	$C'_s, \text{Дж/кг/К}$
264,15	0,0000	2144,3	2144,3	228,20	0,7473	2227,5	2227,8	162,19	1,0000	2135,5	2135,5
266,11	0,0000	2178,6	2178,6	230,17	0,7473	2179,3	2179,7	164,08	1,0000	2130,6	2130,6
268,06	0,0000	2157,8	2157,8	232,14	0,7472	2156,7	2157	166,24	1,0000	2126,7	2126,7
270,02	0,0000	2171,4	2171,4	234,13	0,7472	2183,8	2184,2	168,12	1,0000	2129	2129
272,11	0,0000	2168,4	2168,4	236,09	0,7472	2207	2207,5	170,01	1,0000	2121,3	2121,3
274,05	0,0000	2171,3	2171,3	238,06	0,7472	2194	2194,5	172,15	1,0000	2128,6	2128,6
276,13	0,0000	2170,2	2170,2	240,02	0,7472	2201,4	2201,9	174,03	1,0000	2132,8	2132,8
278,08	0,0000	2150,8	2150,8	242,21	0,7472	2205,8	2206,3	176,17	1,0000	2127,4	2127,4
280,01	0,0000	2164,5	2164,5	244,18	0,7472	2166,2	2166,7	178,03	1,0000	2106,9	2106,9
282,08	0,0000	2168,6	2168,6	246,15	0,7472	2197,5	2198,1	180,16	1,0000	2137,6	2137,6
284,00	0,0000	2175,1	2175,1	248,10	0,7472	2186,9	2187,6	182,02	1,0000	2130,7	2130,7
286,07	0,0000	2191,2	2191,2	250,06	0,7471	2191,5	2192,2	184,14	1,0000	2124,7	2124,7
288,12	0,0000	2194	2194	252,02	0,7471	2192,1	2192,8	186,25	1,0000	2134,6	2134,6
290,03	0,0000	2188,8	2188,8	254,20	0,7471	2200,5	2201,2	188,10	1,0000	2132,4	2132,4
292,08	0,0000	2216,5	2216,5	256,13	0,7471	2198,7	2199,4	190,21	1,0000	2133	2133
294,12	0,0000	2215,9	2215,9	259,60	0,7471	2248,9	2249,8	192,04	1,0000	2138,1	2138,1
296,01	0,0000	2229,2	2229,2	260,86	0,7471	2257	2258	194,14	1,0000	2133	2133
298,04	0,0000	2216,7	2216,7	262,13	0,7470	2218,2	2219,1	196,23	1,0000	2142,8	2142,8
300,06	0,0000	2205,7	2205,7	264,06	0,7470	2206,1	2207	198,06	1,0000	2145,4	2145,4
302,07	0,0000	2235,9	2235,9	266,18	0,7470	2205,9	2206,9	200,14	1,0000	2150,9	2150,9
304,08	0,0000	2233	2233	268,10	0,7470	2245,8	2246,9	202,21	1,0000	2141,4	2141,4
306,09	0,0000	2243,5	2243,5	270,20	0,7470	2208,6	2209,6	204,03	1,0000	2155,6	2155,6
308,09	0,0000	2234,2	2234,2	272,09	0,7469	2265,7	2266,9	206,09	1,0000	2150,5	2150,5
310,08	0,0000	2232,1	2232,1	274,19	0,7469	2258,2	2259,4	208,15	1,0000	2157,9	2157,9
312,06	0,0000	2257,3	2257,3	276,07	0,7469	2258,4	2259,7	210,21	1,0000	2155,4	2155,4
314,04	0,0000	2283	2283	278,15	0,7469	2288,6	2290	212,00	1,0000	2159,9	2159,9
316,02	0,0000	2252,1	2252,1	280,65	0,7468	2280,4	2281,8	214,05	1,0000	2162,7	2162,7
318,12	0,0000	2268,6	2268,6	282,91	0,7468	2297,7	2299,2	216,23	1,0000	2183,8	2183,8
320,08	0,0000	2289,3	2289,3	284,15	0,7468	2285,8	2287,3	218,22	1,0000	2180,7	2180,7
226,84	0,2087	2142,6	2142,7	286,02	0,7468	2287,3	2288,8	220,20	1,0000	2195,2	2195,2
229,00	0,2086	2164,7	2164,9	288,06	0,7467	2305,7	2307,3	222,19	1,0000	2197,1	2197,1
230,95	0,2086	2157,4	2157,6	290,10	0,7467	2308,5	2310,1	224,17	1,0000	2185,5	2185,5
232,91	0,2086	2162,8	2163,0	292,14	0,7467	2302,4	2304,1	226,15	1,0000	2200,6	2200,6
234,86	0,2086	2167,9	2168,2	294,17	0,7467	2345,8	2347,6	228,12	1,0000	2203	2203
236,98	0,2086	2175,5	2175,8	296,01	0,7466	2349,8	2351,7	230,08	1,0000	2210,1	2210,1
238,91	0,2085	2171,8	2172,0	298,20	0,7466	2331,3	2333,1	232,02	1,0000	2225,2	2225,2
240,85	0,2085	2149,8	2150,1	300,04	0,7466	2345,3	2347,1	234,21	1,0000	2206	2206
242,97	0,2085	2147,3	2147,7	302,03	0,7466	2364,2	2366,1	236,16	1,0000	2198,9	2198,9
244,92	0,2085	2162,1	2162,4	304,02	0,7465	2358,7	2360,6	238,10	1,0000	2211,2	2211,2

Продолжение Таблицы 1

T, К	w _{DME} , г/г	C _v , Дж/кг/К	C' _s , Дж/кг/К
246,86	0,2084	2166,4	2166,8
248,96	0,2084	2165,6	2166,0
250,89	0,2084	2157,0	2157,4
252,82	0,2084	2156,8	2157,2
254,93	0,2083	2170,8	2171,3
256,85	0,2083	2178,7	2179,2
258,93	0,2083	2188,5	2189,1
260,83	0,2082	2174,5	2175,1
262,91	0,2082	2182,2	2182,8
264,99	0,2081	2190,3	2190,9
266,88	0,2081	2211,3	2212,0
268,93	0,2081	2236,2	2236,9
270,96	0,2080	2229,7	2230,4
272,98	0,2080	2208,5	2209,3
274,85	0,2080	2261,4	2262,2
276,86	0,2079	2215,7	2216,4
278,89	0,2079	2292,4	2293,3
280,86	0,2078	2222,2	2223,0
282,89	0,2078	2217,5	2218,3
284,24	0,2078	2290,0	2290,9

T, К	w _{DME} , г/г	C _v , Дж/кг/К	C' _s , Дж/кг/К
306,01	0,7465	2361,4	2363,3
308,06	0,7465	2397,1	2399,2
310,16	0,7465	2363,2	2365,1
312,12	0,7465	2369,4	2371,3
314,08	0,7464	2387,2	2389,1
316,04	0,7464	2394,6	2396,6
318,18	0,7464	2434,7	2436,8
320,13	0,7464	2436,5	2438,6
322,06	0,7464	2386,6	2388,4
324,18	0,7463	2401,5	2403,3
326,10	0,7463	2429,7	2431,6
328,01	0,7463	2475,5	2477,5
330,10	0,7463	2466,2	2468,1
332,00	0,7463	2465	2466,7
334,08	0,7463	2472,2	2473,9
152,12	1,0000	2146,9	2146,9
154,03	1,0000	2128,1	2128,1
156,21	1,0000	2133,1	2133,1
158,12	1,0000	2128,6	2128,6
160,02	1,0000	2130,9	2130,9

T, К	w _{DME} , г/г	C _v , Дж/кг/К	C' _s , Дж/кг/К
240,04	1,0000	2218,7	2218,7
242,22	1,0000	2220,9	2220,9
244,15	1,0000	2220,7	2220,7
246,08	1,0000	2204,2	2204,2
248,00	1,0000	2215,6	2215,6
250,16	1,0000	2214,5	2214,5
252,08	1,0000	2227,9	2227,9
254,22	1,0000	2235,1	2235,1
256,12	1,0000	2236,8	2236,8
258,02	1,0000	2239,2	2239,2
260,14	1,0000	2258,7	2258,7
262,03	1,0000	2246,9	2246,9
264,14	1,0000	2267,9	2267,9
266,01	1,0000	2277,5	2277,5
268,11	1,0000	2290,3	2290,3
270,19	1,0000	2283,4	2283,4
272,04	1,0000	2295,3	2295,3
274,11	1,0000	2298,2	2298,2
276,18	1,0000	2308,1	2308,1

Выполненный анализ погрешности измерения теплоемкости исследуемых образцов на линии кипения показывает, что неопределенность полученных данных не превышает 0,45%.

III. ОПИСАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Экспериментальные данные о теплоемкости на линии кипения в всех концентрациях описаны уравнениями вида

$$c_s = a + b \cdot T + c \cdot T^3, \quad (4)$$

где *a*, *b*, *c* – индивидуальные для каждой концентрации раствора коэффициенты.

При описании полученных экспериментальных данных установлена концентрационная зависимость коэффициентов уравнения (4)

$$a(w_{DME}) = 1926,4 + 127,57 \cdot e^{w_{DME}}, \quad (5)$$

$$b(w_{DME}) = 0,246 - 0,606 \cdot e^{w_{DME}}, \quad (6)$$

$$\ln(c(w_{DME})) = 0,6557 \cdot w_{DME} - 11,48. \quad (7)$$

На рисунке 1 показаны отклонения экспериментальных данных о теплоемкости на линии кипения

исследованных растворов DME/TEG от рассчитанных по уравнениям (4) – (7).

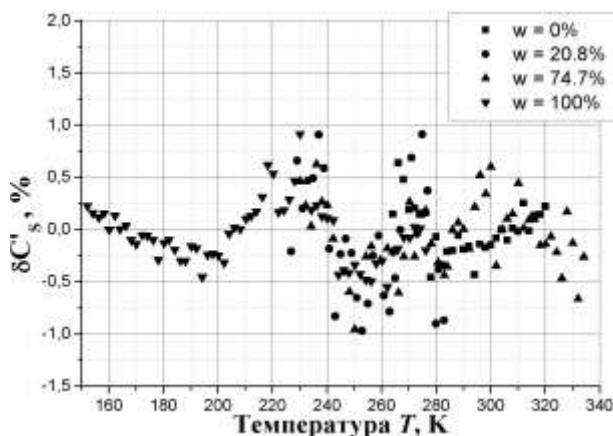


Рисунок 1 – Отклонения экспериментальных данных о теплоемкости на линии кипения исследованных образцов DME/TEG от рассчитанных по уравнению (4)

Отклонения полученных экспериментальных данных для теплоемкости на линии кипения для DME от данных приведенных в [9] в интервале температур от 152 К до 276 К не превышают 0,76%.

Отклонения полученных экспериментальных данных для теплоемкости на линии кипения для TEG от данных приведенных в [4] в интервале температур от 264 К до 320 К не превышают 4 %.

Анализ показывает, что отклонения экспериментальных данных от аппроксимированных уравнениями (4) – (7) в интервале температур от 152 К до 324 К находятся во вполне приемлемых границах неопределенности - $\pm 1\%$.

Температурная и концентрационные зависимости теплоемкости на линии кипения рассчитанные по уравнениям (4) – (7) демонстрируют рисунки 2 и 3.

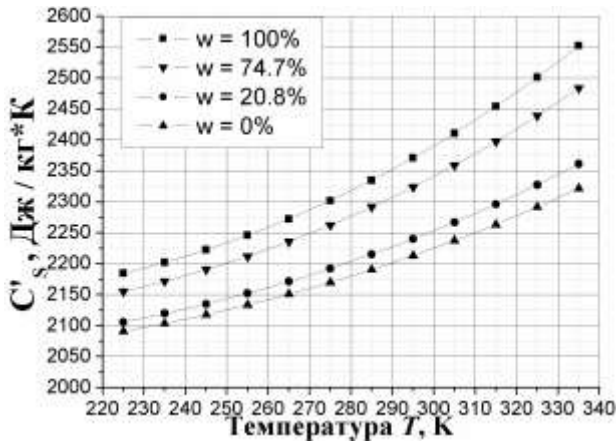


Рисунок 2 – Температурная зависимость теплоемкости растворов DME/TEG на линии кипения при различных концентрациях.

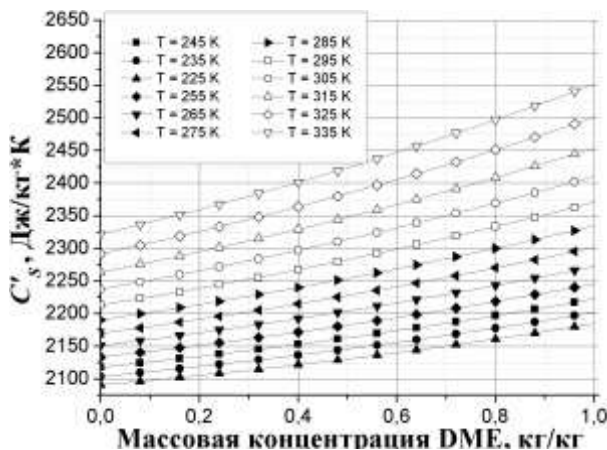


Рисунок 3 – Концентрационные зависимости теплоемкости растворов DME/TEG на линии кипения при различных температурах

Анализ приведенных данных показывает, что наличие примесей TEG значительно влияют на значение теплоемкости в DME. Увеличение концентрации TEG (аналог компрессорного масла) на 1% приводит к изменению теплоемкости растворов DME/TEG от 5 до 10%. Учитывая широкий интервал изменения концентрации примесей масла в различных элементах компрессорной системы (от десятых долей процента до 50-60%) эффект присутствия мас-

ла в реальном рабочем теле необходимо учитывать при теоретической оценке параметров эффективности компрессорных систем.

IV. ВЫВОДЫ

В докладе представлены результаты экспериментального исследования теплоемкости на линии кипения для DME, TEG, а также растворов DME/TEG при концентрациях 20,8%, 74,7% в интервале температур от 152 К до 324 К. Выполненный анализ показывает, что неопределенность полученных данных о теплоемкости на линии кипения растворов DME/TEG не превышает 0,45%. Полученные данные аппроксимированы уравнениями (4) – (7). Проведенное исследование показывает, что наличие примесей TEG существенно влияет на значение теплоемкости на линии кипения DME. Исходя из этого вывода следует, что наличие примесей компрессорного масла в хладагенте приводит к существенному изменению калорических свойств рабочих тел компрессорных систем. Эти изменения необходимо учитывать при оценке перспективности применения альтернативных хладагентов. При теоретическом анализе показателей эффективности компрессорных систем учет изменения калорических свойств реальных рабочих тел (растворов хладагент/масло) от свойств чистых хладагентов будет способствовать более корректной оценке перспективности применения альтернативных хладагентов в новом поколении холодильного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Reid, R. C. The properties of gases and liquids. Third edition [Text] / R. C. Reid, J. M. Prausnitz, T. K. Sherwood. – New York: McGraw-Hill, 1977. – 688 p.
2. Ивченко, Д. А. Экспериментальное исследование термодинамических свойств растворов демитилового эфира (DME) в триэтиленгликолем (TEG) [Текст] / Д. А. Ивченко, Ю. А. Семенюк, В. П. Железный // Холодильная техника и технология. – 2011. – №4 (132). – С. 25-30
3. Curme, G. O. Jr. Glycols [Text] / G. O. Jr. Curme, F. Johnston. – New York: Reinhold Publishing Corporation, 1952. – 389 p.
4. Stephens, M. A. Saturated liquid specific heats of ethylene glycol homologues [Text] / M. A. Stephens, W. S. Tamplin // J. Chem. Eng. Data. – 1979. – Vol.24. – P. 81
5. Steele, W. V. Measurements of vapor pressure, heat capacity, and density along the saturation line for epsilon-caprolactam, pyrazine, 1,2-propanediol, triethylene glycol, phenyl acetylene, and diphenyl acetylene [Text] / W. V. Steele, R. D. Chirico, S. E. Knipmeyer, A. Nguyen // J Chem Eng Data. – 2002. – Vol.47. – P.689-699
6. Yijian, He. Isobaric heat capacity measurements for dimethyl ether and 1,1-difluoroethane in the liquid phase at temperatures from 305 K to 365 K and pressures up to 5 MPa [Text] / Yijian He, Neng Gao, Yunyun Jiang, Bin Ren, G. Chen // J. Chem. Eng. Data. – 2014. – Vol.59, 9. – P. 2885–2890

7. **Eucken, A.** Assoziation in Flüssigkeiten [Text] / A. Eucken // Z. Elektrochem. Angew. Physik. Chem. – 1948. – Vol.52. – P. 255-269
8. **Kennedy, R. M.** The heat capacity and entropy, heats of fusion and vaporization, and the vapor pressure of dimethyl ether. The density of gaseous dimethyl ether [Text] / R. M. Kennedy, M. Sagenkahn, J. G. Aston // J. Am. Chem. Soc. – 1941. – Vol.63. – P. 2267-2272.
9. **McLinden, M. O.** NIST Standard Reference Database 23, NIST Thermodynamic Properties of Refrigerants and Refrigerants Mixtures Database (REFPROP), Version

7.1 / M. O. McLinden, S.A. Klein, E. W. Lemmon, A.P.G. Peskin, // Gaithersburg: National Institute of Standard and Technology. – 2003

10. **Лозовський, Т. Л.** Влияние примесей наночастиц Al_2O_3 на теплоемкость изопропилового спирта [Текст] / Т. Л. Лозовский, Н. А. Шимчук, И. В. Мотовой, В. П. Железный // Холодильная техника и технология. – 2016. – №52 (1). – С. 70-79.

Отримана в редакції 01.10.2016, прийнята до друку 01.11.2016

D. A. Ivchenko, V. P. Zhelezny, I. V. Motovoy, K. O. Shestopalov

Odessa National Academy of Food Technologies, 112 Kanatna str., Odessa, 65039, Ukraine

EXPERIMENTAL STUDY OF HEAT CAPACITY FOR SOLUTIONS OF THE DIMETHYL ETHER WITH THE TRIETHYLENE GLYCOL

New experimental data for isochoric heat capacity from the two-phase region of dimethyl ether for DME (dimethyl ether), TEG (triethylene glycol) and DME/TEG solutions at weight fractions of DME 20.8%, 74.7% in temperature range from 152 to 324 K have been reported in the paper. The mean uncertainty of the experimental data does not exceed 0.45%.

Keywords: Dimethyl ether; Triethylene glycol; Experimental investigation; Adiabatic calorimeter; Heat capacity.

REFERENCES

1. **Reid, R. C.** The properties of gases and liquids. Third edition [Text] / R. C. Reid, J. M. Prausnitz, T. K. Sherwood. – New York: McGraw-Hill, 1977. – 688 p.
2. **Ivchenko, D.A.** Eksperimental'noye issledovaniye termodinamicheskikh svoystv rastvorov demetilovogo efira (DME) v trietilenglikolem (TEG) [Text] / D.A. Ivchenko, Yu.A. Semenyuk, V.P. Zheleznyy // Kholodil'naya tekhnika i tekhnologiya. – 2011. – №4 (132). – P. 25-30
3. **Curme, G. O. Jr.** Glycols [Text] / G. O. Jr. Curme, F. Johnston. – New York: Reinhold Publishing Corporation, 1952. – 389 p.
4. **Stephens, M. A.** Saturated liquid specific heats of ethylene glycol homologues [Text] / M. A. Stephens, W. S. Tamplin // J. Chem. Eng. Data. – 1979. – Vol.24. – P. 81
5. **Steele, W. V.** Measurements of vapor pressure, heat capacity, and density along the saturation line for epsilon-caprolactam, pyrazine, 1,2-propanediol, triethylene glycol, phenyl acetylene, and diphenyl acetylene [Text] / W. V. Steele, R. D. Chirico, S. E. Knipmeyer, A. Nguyen // J Chem Eng Data. – 2002. – Vol.47. – P.689-699
6. **Yijian, He.** Isobaric heat capacity measurements for dimethyl ether and 1,1-difluoroethane in the liquid phase

at temperatures from 305 K to 365 K and pressures up to 5 MPa [Text] / Yijian He, Neng Gao, Yunyun Jiang, Bin Ren, G. Chen // J. Chem. Eng. Data. – 2014. – Vol.59, 9. – P. 2885–2890

7. **Eucken, A.** Assoziation in Flüssigkeiten [Text] / A. Eucken // Z. Elektrochem. Angew. Physik. Chem. – 1948. – Vol.52. – P. 255-269
8. **Kennedy, R. M.** The heat capacity and entropy, heats of fusion and vaporization, and the vapor pressure of dimethyl ether. The density of gaseous dimethyl ether [Text] / R. M. Kennedy, M. Sagenkahn, J. G. Aston // J. Am. Chem. Soc. – 1941. – Vol.63. – P. 2267-2272.
9. **McLinden, M. O.** NIST Standard Reference Database 23, NIST Thermodynamic Properties of Refrigerants and Refrigerants Mixtures Database (REFPROP), Version 7.1 / M. O. McLinden, S.A. Klein, E. W. Lemmon, A.P.G. Peskin, // Gaithersburg: National Institute of Standard and Technology. – 2003
10. **Lozovskiy, T. L.** The influence of nanoparticles Al_2O_3 on isopropyl alcohol heat capacity [Text] / T. L. Lozovskiy, N. A. Shimchuk, I. V. Motovoy, V. P. Zheleznyy // Refrigeration Engineering and technology. – 2016. – №52 (1). – P. 70-79.

Received 01 October 2016
Approved 01 November 2016
Available in Internet 30 November 2016