

ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

УДК 533.15:536.25

Ю.И. Жаврин*, ¹В.Н. Косов, И.В. Поярков, М.К. Асембаева, О.В. Федоренко
НИИЭТФ, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
¹Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Казахстан, г. Алматы
*E-mail: zhavrin@physics.kz

Температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии для некоторых тройных газовых систем, содержащих компоненты синтеза аммиака

Аннотация. Рассчитаны температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии для двух-, трех-компонентных газовых систем, компоненты которых используются при синтезе аммиака в интервале температур 298 – 800К. Полученные результаты могут быть использованы в качестве справочных данных.

Ключевые слова: газы, смеси, диффузия, конвекция, многокомпонентная диффузия, градиент температуры.

Температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии (ЭКД) газов в многокомпонентных системах на сегодняшний день вообще не представлены в справочной литературе, а число публикаций по данной тематике весьма ограничено. Однако для многих технологических процессов, как, например, синтез аммиака из природного газа, горение газообразного топлива и ряд других процессов, такая информация необходима и важна, так как позволяет более реально описать практический цикл процесса и производства.

В данной публикации представлены расчеты показателей степеней температурных зависимостей ЭКД газов для двух тройных систем, компоненты которых в той или иной мере используются при синтезе аммиака. Основным источником информации по данной работе явилась таблица рекомендуемых справочных данных (РСД) по ЭКД аттестованных ВНИЦ МВ Госстандарта СССР [1] и публикация в Инженерно-физическом журнале [2]. Эффективные коэффициенты диффузии, приведенные в таблице, были измерены двухколбовым методом в диапазоне давлений 0,2 – 1,0 МПа и концентраций компонентов в бинарных смесях

от 0,3 до 0,9 мольных долей в изотермических условиях при $T = 298,0$ К, с анализом смесей газов на хроматографе. Погрешность в измерении ЭКД находилась в интервале от 4 до 9%.

Авторы этой статьи сочли возможным дополнить сведения, имеющиеся в литературных источниках [1, 2], данными по температурным зависимостям ЭКД компонентов. Полученные результаты позволят более полно раскрыть механизм диффузионного процесса в сложных газовых смесях с изменением температуры, дать оценку переносу каждого компонента и суммарного массопереноса в целом. Будем надеяться, что представленные результаты послужат в качестве нового справочного материала.

На современном уровне развития вычислительной техники поставленную задачу о расчете переносных и других свойств газов и их смесей с учетом влияния термодинамических параметров можно решить, не прибегая к дорогостоящим экспериментам и представить конечный результат в компактной форме, в виде функциональных зависимостей.

В данной работе температурная зависимость

ЭКД компонентов была представлена в виде полуэмпирической формулы, аналогичной формуле степенной зависимости коэффициента взаимной диффузии (КВД) от температуры:

$$D_{Ti}^{\text{эф}} = D_{0i}^{\text{эф}} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{n_i}, \quad (1)$$

где n_i – показатель степени, а $D_{0i}^{\text{эф}}$ – ЭКД i -го компонента для начальной температуры T_0 (в наших расчетах $T_0 = 298$ К).

Такое представление вполне оправдано, так как метод эффективного коэффициента диффузии основан на том предположении, что процесс многокомпонентного массопереноса можно описать ЭКД [3-6], который в случае бинарной системы будет тождественно равен КВД. Формально это утверждение для одномерного случая записывается в виде первого закона Фика:

$$j_i = -D_i^{\text{эф}} \frac{dc_i}{dx}, \quad (2)$$

где j_i , c_i – плотность диффузионного потока и концентрация i -го компонента, соответственно.

Таким образом, поток i -го компонента в κ -компонентной газовой смеси определяется только градиентом данного компонента и его ЭКД.

Апробация этого метода на многочисленных экспериментах, в том числе и по определению температурных зависимостей ЭКД (см., например, [7]) показала, что он физически правильно описывает диффузионный процесс с достаточной для практики точностью и, кроме того, прост в использовании [8-10].

В литературе приводится ряд записей выражений для ЭКД. Мы будем использовать выражение из работ [6, 11], которое легко проверяется в диффузионных экспериментах.

$$D_i^{\text{эф}} = D_{ii}^* + \sum_{j=1, j \neq i}^{\kappa-1} D_{ij}^* \frac{dc_j}{dc_i}, \quad (3)$$

где D_{ii}^* , $D_{ij}^* = f(D_{ij}, y_i, y_j)$ – главные и перекрестные «практические» коэффициенты диффузии (ПКД) или матричные коэффициенты многокомпонентной диффузии (МКМД); dc_j / dc_i – отношение, связывающее изменение концентрации j -го компонента с изменением концентрации i -го компонента; D_{ij} – КВД пары газов i и j ; y_i , y_j – мольные доли компонентов i и j .

Выражение (3) в локальных величинах слож-

но для применения, поэтому его упрощают, заменяя его интегральным (усредненным по всему диффузионному слою) ЭКД i -го компонента в κ -компонентной смеси. Величины D_{ii}^* , D_{ij}^* рассчитываются для усредненных (среднее арифметическое) мольных долей, а отношение градиентов заменяют отношением разностей концентраций компонентов между точками 0 и L на границах диффузионного слоя

$$\bar{D}_i^{\text{эф}} = \bar{D}_{ii}^* + \sum_{j=1, j \neq i}^{\kappa-1} \bar{D}_{ij}^* \left(\frac{c_j^L - c_j^0}{c_i^L - c_i^0} \right). \quad (4)$$

Из (4) следует, что в зависимости от распределения компонентов внутри системы зависит знак ЭКД, который может быть как положительным, так и отрицательным.

Согласно [1] при измерении ЭКД использовались двухколбовые диффузионные аппараты [12]. Конструкция аппарата, приборов и узлов, входящих в экспериментальную установку, а также методика работы детально описаны в [13]. Первый аппарат имел следующие параметры: объемы верхней и нижней колб – $V_g = V_n = 76,9$ см³; длина и диаметр диффузионного канала $L = 7,055$ см и $d = 0,4$ см, а второй – $V_g = V_n = 62,0$ см³; длину и диаметр канала $L = 7,055$ см и $d = 0,330$ см, соответственно. Комплекс геометрических размеров, так называемая постоянная прибора $B = L_{\text{эф}} \cdot V_g \cdot V_n / S \cdot (V_g + V_n)$, (здесь S – площадь поперечного сечения канала, а $L_{\text{эф}}$ – эффективная длина диффузионного канала [14]), для первого аппарата была равна 2215 см², а для второго – 2653 см². В представленных расчетах использовался аппарат, постоянная которого была равна 2500 см².

В данной работе через численный эксперимент были определены показатели степеней температурных зависимостей ЭКД компонентов для систем: 1. H₂(1) + NH₃(3) - N₂(2) и 2. H₂(1) - N₂(2) + NH₃(3) (здесь после химического символа указана нумерация газов, которую для удобства будем использовать в дальнейшем), в которых концентрации газов в бинарных смесях изменялись в широких пределах, в интервале температур 298 - 800 К и давлении равном 0,101 МПа.

Ограничения, которые при работе с этими системами отмечены в [1], были приняты нами во внимание. Они сводились к следующему: во-первых, газы и их смеси идеальные в дан-

ном интервале давлений, во-вторых, для первой системы необходимо учитывать, что при концентрациях водорода в бинарной смеси более 0,8 мольных долей перенос аммиака в колбах диффузионного аппарата ничтожен (он, как бы «заперт»), хотя другие компоненты значительно изменяют свою концентрацию. Это явление при нестационарной диффузии получило название «диффузионного затвора» [15].

Для проведения расчетов температурных зависимостей ЭКД компонентов согласно (1) необходимо знать значения $D_{0i}^{эф}$ для каждого компонента смеси при $T_0 = 298$ К и показатель степени температурной зависимости n_i . Однако так как n_i неизвестны, то их определение состояло из следующих последовательных операций.

Во-первых, используя справочные данные о температурных зависимостях КВД пар газов, входящих в системы, рассчитывались КВД при соответствующих температурах от 298 до 800 К с интервалом в 100 К. Показатели степеней температурных зависимостей бинарных смесей

были следующие: $D_{12} - n = 1,702$ [16]; $D_{13} - n = 1,743$; $D_{23} - n = 1,80$ [17]. Особо отметим, что нам не удалось найти в литературе значение показателя степени температурной зависимости для пары газов азот-аммиак. Поэтому пришлось воспользоваться рекомендацией из [17]...

«Однако формула $D_{T_1} = D_{T_2} \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{3/2}$ приближенно отображает

зависимость D от T . Эта формула дает лучшие результаты, если показатель 3/2 заменить в ней на $\sim 1,80$ (стр. 465 [17]), что нами и было сделано. Проведенный параллельно анализ показателей степени температурных зависимостей КВД бинарных систем, близких по свойствам к системе $N_2 - NH_3$, дает примерно те же результаты, которые рекомендуются выше.

Тогда для $T_0 = 298$ К и $P = 0,101$ МПа КВД пар газов имели значения: $D_{012} = 0,80$ [16]; $D_{013} = 0,79$ [18,19]; $D_{023} = 0,230$ см²/с [18,19]. Согласно этим исходным данным были определены КВД при других температурах (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Коэффициенты взаимной диффузии некоторых пар газов в зависимости от температуры

Пара газов	Температура, К					
	298	400	500	600	700	800
	Коэффициенты взаимной диффузии, см ² /с					
$H_2 + N_2$	0,80	1,32	1,93	2,63	3,42	4,30
$H_2 + NH_3$	0,79	1,32	1,95	2,68	3,50	4,42
$N_2 + NH_3$	0,230	0,391	0,584	0,811	1,07	1,36

Затем КВД при заданных температурах из таблицы 1 использовались для определения $D_i^{эф}$ в зависимости от концентрации каждого газа для начального распределения концентраций по методике, предложенной в работах [8, 10]. Из полученных данных согласно (1) определялись n_i – показатели степеней температурных зависимостей компонентов. Результаты вычислений представлены в таблице 2.

Здесь надо дать пояснения. Фактически вычисленные значения ЭКД соответствуют равновесной смеси, т.е., когда концентрации всех компонентов усреднены. Например, реализуется диффузия азота в равномолярную смесь водорода и аммиака. В таблице 2 в этом случае значения ЭКД находятся по концен-

трации водорода $y_{H_2} = 0,5$ мольных долей и они соответствуют равновесной смеси $0,25H_2 + 0,25NH_3 + 0,5 N_2$.

Выделенные курсивом показатели степеней температурных зависимостей ЭКД компонентов определялись для каждой температуры, начиная с 400 К. Изменение показателя степенной зависимости водорода и азота незначительно и связано, скорее всего, с округлением. Исключения проявляются для аммиака. Изменения ЭКД и показателя степенной зависимости этого газа объяснимы проявлением «диффузионного затвора» [15]. Его влияние связано с наибольшей интенсивностью «диффузионного бароэффекта» в начальной стадии диффузионного процесса. Об этом написано выше.

Таблица 2 – ЭКД и показатели степеней температурных зависимостей компонентов системы $H_2 + NH_3 - N_2$ в зависимости от концентрации водорода в бинарной смеси для начального распределения концентраций в интервале температур 298-800 К

№ п/п	Концентрация H_2 в бинарной смеси, моль. доли	Газы	ЭКД компонентов, cm^2/c						
			<i>Показатели степеней температурных зависимостей</i>						
			Температура, К						
			298	400	500	600	700	800	среднее
1	0,2	H_2	0,797	1,320	1,936	2,645	3,443	4,335	
				1,714	1,715	1,714	1,714	1,715	1,714
		N_2	0,309	0,521	0,773	1,068	1,403	1,778	
				1,772	1,772	1,772	1,772	1,772	1,772
		NH_3	0,187	0,321	0,482	0,674	0,893	1,139	
				1,832	1,830	1,781	1,831	1,829	1,831
2	0,4	H_2	0,797	1,320	1,935	2,642	3,439	4,328	
				1,712	1,713	1,712	1,711	1,713	1,712
		N_2	0,401	0,671	0,992	1,365	1,788	2,261	
				1,752	1,752	1,752	1,752	1,752	1,752
		NH_3	0,136	0,239	0,364	0,514	0,688	0,883	
				1,906	1,898	1,898	1,896	1,892	1,898
3	0,5	H_2	0,798	1,320	1,934	2,640	3,436	4,324	
				1,711	1,711	1,711	1,710	1,711	1,711
		N_2	0,453	0,756	1,116	1,533	2,005	2,532	
				1,743	1,743	1,742	1,742	1,746	1,743
		NH_3	0,108	0,193	0,297	0,425	0,573	0,740	
				1,976	1,962	1,961	1,957	1,951	1,961
4	0,6	H_2	0,798	1,320	1,934	2,639	3,434	4,320	
				1,709	1,710	1,709	1,709	1,710	1,709
		N_2	0,510	0,849	1,250	1,714	2,240	2,826	
				1,734	1,734	1,734	1,734	1,735	1,734
		NH_3	0,077	0,142	0,225	0,327	0,448	0,584	
				2,108	2,083	2,077	2,070	2,058	2,079
5	0,8	H_2	0,799	1,320	1,932	2,635	3,428	4,431	
				1,705	1,706	1,705	1,705	1,707	1,706
		N_2	0,640	1,061	1,557	2,129	2,775	3,495	
				1,718	1,718	1,717	1,717	1,720	1,718
		NH_3	0,0048	0,027	0,059	0,105	0,164	0,230	
				5,860	4,853	4,412	4,130	3,915	4,634

В наших публикациях, связанных с определением температурных зависимостей газов в многокомпонентных смесях, неоднократно отмечалось, что влияние концентрации компонента весьма слабо отражается на показателе степени температурной зависимости компонента (см., например, [7, 20]). Для практического ис-

пользования полученных результатов мы сочли целесообразным в последней колонке таблицы 2 привести усредненные показатели температурных зависимостей всех трех компонентов данной газовой системы.

Подводя итоги исследования температурных зависимостей ЭКД компонентов по данной

системе и оценив показатели степенной зависимости, можно привести их значения при $T_0 = 298$ К и $P = 0,101$ МПа для: водорода – $n = 1,710 \pm 0,003$; азота – $n = 1,744 \pm 0,015$, а $D_{T_0}^{эф}$ для этих газов определяется в зависимости от концентрации в бинарной смеси; аммиака – $n = 1,90 \pm 0,08$,

при этом вычисления $D_{T_0}^{эф}$ для этого газа рекомендуем ограничить концентрацией водорода в 0,6 мольных долей.

Аналогичные исследования были проведены для второй системы. Полученные результаты отображены в таблице 3.

Таблица 3 – ЭКД и показатели степеней температурных зависимостей компонентов системы $H_2 - N_2 + NH_3$ в зависимости от концентрации азота в бинарной смеси для начального распределения концентраций в интервале температур 298-800 К

№ п/п	Концентрация N_2 в бинарной смеси, моль. доли	Газы	ЭКД компонентов, $см^2/с$						
			Показатели степеней температурной зависимости						
			Температура, К						
			298	400	500	600	700	800	среднее
1	0,2	H_2	0,792	1,320	1,946	2,670	3,484	4,396	
				1,735	1,737	1,737	1,735	1,736	1,736
		N_2	0,796	1,320	1,939	2,651	3,453	4,350	
				1,720	1,721	1,720	1,719	1,720	1,720
		NH_3	0,791	1,320	1,948	2,675	3,491	4,407	
				1,739	1,741	1,741	1,739	1,739	1,740
2	0,4	H_2	0,794	1,320	1,942	2,660	3,468	4,371	
				1,727	1,728	1,727	1,726	1,727	1,727
		N_2	0,797	1,320	1,936	2,646	3,445	4,337	
				1,715	1,716	1,715	1,714	1,716	1,715
		NH_3	0,792	1,320	1,946	2,669	3,483	4,394	
				1,735	1,736	1,736	1,734	1,735	1,735
3	0,5	H_2	0,795	1,320	1,940	2,655	3,460	4,359	
				1,723	1,724	1,723	1,722	1,723	1,723
		N_2	0,797	1,320	1,935	2,643	3,441	4,331	
				1,713	1,713	1,713	1,712	1,713	1,713
		NH_3	0,793	1,320	1,945	2,667	3,479	4,388	
				1,732	1,734	1,733	1,730	1,733	1,733
4	0,6	H_2	0,796	1,320	1,938	2,650	3,452	4,347	
				1,718	1,719	1,719	1,718	1,719	1,719
		N_2	0,798	1,320	1,934	2,641	3,437	4,325	
				1,711	1,711	1,710	1,710	1,712	1,711
		NH_3	0,793	1,320	1,944	2,664	3,474	4,382	
				1,730	1,731	1,731	1,730	1,731	1,730
5	0,8	H_2	0,798	1,320	1,934	2,640	3,436	4,324	
				1,710	1,711	1,710	1,710	1,711	1,710
		N_2	0,799	1,320	1,932	2,635	3,429	4,312	
				1,705	1,707	1,706	1,707	1,707	1,706
		NH_3	0,794	1,320	1,941	2,659	3,466	4,369	
				1,725	1,727	1,726	1,725	1,726	1,726

Пояснения результатов этой таблицы аналогичны пояснениям к таблице 2. Отметим лишь то, что и азот, и аммиак обладают практически одинаковыми диффузионными свойствами относительно водорода. Фактически для практических задач их смесь можно считать «одним газом» (см., например, [21]).

В результате исследования температурных зависимостей ЭКД компонентов в данной системе при $T_0 = 298$ К и $P = 0,101$ МПа их значения для всех газов равны $D_{T_0}^{\text{эф}} = 0,80$ см²/с, а показатели степеней температурных зависимостей следующие: водород - $n = 1,723 \pm 0,007$; азот - $n = 1,712 \pm 0,004$; аммиак - $n = 1,733 \pm 0,004$.

При использовании ЭКД для вычислений диффузионных потоков в многокомпонентных газовых смесях надо помнить, для каких случаев диффузии получены выражения ЭКД (они, кстати, четко сформулированы в монографии [21]), иначе можно сделать грубые ошибки.

Численные значения показателей степеней температурных зависимостей ЭКД компонентов для проведения *оценочных расчетов* можно найти через среднеарифметическое значение показателей степеней для КВД (см., например, данные к таблице 3). Так, сложив показатели для системы аммиак – водород и аммиак - азот и разделив пополам, получим для ЭКД аммиака $n = 1,771$. Аналогично для ЭКД водорода $n = 1,728$ и азота $n = 1,751$. Эти численные значения находятся в разумных пределах по отношению к точным результатам.

Таким образом, вычисленные ЭКД и показатели степеней температурных зависимостей газов в трехкомпонентных системах, содержащих аммиак, могут служить в качестве справочной информации в практических приложениях. Из проведенных исследований следует, что в сложных газовых смесях необходимо иметь сведения о поведении всех газов во время диффузии для корректной оценки их диффузионных способностей.

Литература

1 Айткожаев А.З., Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Курмакаев Ф.З. (Водород + аммиак) – азот. Водород – (азот + аммиак). Водород – азот – метан – аммиак - аргон. Эффективные коэффициенты диффузии в диапазоне давлений 0,2 ... 1,0 МПа при температуре 298 К // Таблицы РСД зарегистрированы во Всесоюзном научно-

исследовательском центре по материалам и веществам Госстандарта 28 апреля 1992 г. под № ГСССД Р 429-92.

2 Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Кульжанов Д.У. и др. Исследование диффузии в газовых смесях, содержащих компоненты синтеза аммиака // ИФЖ. – 2001. – Т. 74, № 2. – С. 133-136.

3 Тирский Г.А. Вычисление эффективных коэффициентов диффузии в ламинарном диссоциированном многокомпонентном пограничном слое // ПММ. – 1969. – Вып.1. – С. 180-182.

4 Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Новосад З.И. Описание нестационарной диффузии в многокомпонентных газовых смесях методом эффективных коэффициентов // ЖФХ. – 1975. – Т. 49, № 3. – С. 706-709.

5 Лайтфут Э. Явления переноса в живых системах. Биомедицинские аспекты переноса количества движения и массы: пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 520 с.

6 Косов Н.Д., Жаврин Ю.И., Новосад З.И. Диффузия в многокомпонентных газовых смесях // Теплофизические свойства веществ и материалов. – М.: Изд-во стандартов. – 1982. – Вып. 17. – С. 86-112.

7 Бычков А.Г., Жаврин Ю.И. Температурная зависимость эффективных коэффициентов диффузии некоторых смесей в изотермических и неизотермических условиях // НИИЭТФ Каз. ун-т. – Алма-Ата, 1993. – 10 с. Деп. В КазНИИ-КИ. 15.01.93. – № 3985. – Ка-93.

8 Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Новосад З.И. Расчет эквимольной диффузии в многокомпонентных газовых смесях методом эффективных коэффициентов // Диффузия в газах и жидкостях. – Алма-Ата: МВ и ССО КазССР, 1974. – С. 12-19.

9 Жаврин Ю.И., Косов Н.Д. и др. Расчет диффузионного процесса в двухколбовом аппарате для случая многокомпонентной газовой смеси / Каз. ун-т, НИИЭТФ. – Алматы, 1995. – 26 с. Деп. В КазгосИНТИ 05.07.95. – № 6239. – Ка-95.

10 Жаврин Ю.И., Жаврин В.Ю., Косов В.Н., Поярков И.В. Расчет многокомпонентного массопереноса в двухколбовом аппарате с применением языка программирования DELPHI // Вестник КазНУ, сер. физическая. – 2006. – № 2 (22). – С. 73-79.

11 Новосад З.И., Косов Н.Д. Эффективные коэффициенты диффузии трехкомпонентных га-

зовых смесей гелия, аргона и углекислого газа // ЖТФ. – 1970. – Т. 40, № 11. – С. 2368-2375.

12 Andrew S.P.S. A simple Method of Measuring Gaseous Diffusion Coefficient // Chem. Eng. Sci. – 1955. – Vol. 4. – P. 269-272.

13 Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Белов С.М., Семидоцкая Н.И. О применении метода эффективных коэффициентов диффузии к диффузии в многокомпонентных газовых смесях при повышенных давлениях // Теплоперенос в жидкостях и газах. – Алма-Ата. 1982. – С. 3-12.

14 Калинин Б.А., Лойко А.Э., Суетин П.Е. Эффективная длина капилляра в измерениях коэффициентов взаимной диффузии газов методом двух объемов // Диффузия в газах и жидкостях. – 1972. – С. 79-85.

15 Селезнев В.Д., Смирнов В.Г. Диффузия трехкомпонентной смеси газов в системе двух колб // ЖТФ. – 1981. – Т.51, № 4. – С. 795-800.

16 Косов Н.Д., Солоницын Б.П. Температурная зависимость коэффициентов самодиффузии и взаимной диффузии газов // Теплофизические свойства веществ и материалов. – М.: Изд-во Стандартов, 1982. – Вып. 17. – С. 4-24.

17 Бретшнайдер С. Свойства газов и жидкостей (инженерные методы расчета): гер. с польского. – М.-Л.: Химия, 1966. – 536 с.

18 Курмакаев Ф.З., Айткожаев А.З., Жаврин Ю.И. Экспериментальное исследование диффузии аммиака в некоторые газы в интервале давлений от 0,2 до 1,0 МПа // Теплофизика релаксирующих систем. Краткие тез. докл. к предстоящему Всес. совещ.-семинару молодых ученых (X Всесоюз. Теплофиз. Школа) 28 мая – 1 июня 1990 г. – Тамбов, 1990. – С. 29-30.

19 Айткожаев А.З., Жаврин Ю.И. Исследование диффузии аммиака в некоторые газы при различных давлениях // Вестник КазГУ, сер. физическая. – 1998. – №3. – С. 15-18.

20 Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Асембаева М.К., Поярков И.В., Федоренко О.В. Влияние концентрации на температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии // Известия НАН РК, сер. физ.-мат. – 2011. – № 3 (277). – С. 41-47.

21 Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса. – М.: Химия, 1974. – 688 с.

Ю.И. Жаврин, В.Н. Косов, И.В. Поярков, М.К. Асембаева, О.В. Федоренко

Құрамында аммиак синтезі компоненттері бар кейбір үштік газ жүйелерінің эффективтік диффузия коэффициенттерінің температуралық тәуелділіктері

Температурасы 298 – 800 К аралығында компоненттері аммиакты синтездеу кезінде қолданылатын екі және үшкомпоненттік газ жүйелері үшін эффективтік диффузия коэффициенттерінің температуралық тәуелділіктері есептелді. Алынған нәтижелер анықтамалық мәндер ретінде қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: газдар, қоспалар, диффузия, конвекция, көпкомпонентті диффузия, температураның градиенті.

Yu.I. Zhavrin, V.N. Kosov, I.V. Poyarkov, M.K. Asembaeva, O.V. Fedorenko

Temperature dependences of the effective diffusion coefficients for some ternary gas systems containing components of ammonia-synthesis

The temperature dependences of the effective diffusion coefficients for two three-component gaseous systems consisting of the components that are used by the ammonia-synthesis in the temperature range 298 – 800 K are calculated. The obtained results should be used as a reference data.

Keywords: gases, mixtures, diffusion, convection, multicomponent diffusion, the temperature gradient.