

ТЕПЛОФИЗИКА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ $0,425C_3H_8 + 0,575He - 0,426N_2O + 0,574CH_4$

М.С. Молдабекова, И.В. Поярков, М.К. Асембаева, М.Т. Бекетаева
НИИЭТФ, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

Двухколбовым методом исследован процесс смешения в гравитационно устойчивой четырехкомпонентной газовой системе, два компонента которой имеют равные диффузионные свойства. Экспериментально показано, что в зависимости от давления наблюдаются два режима смешения – диффузионный и конвективный. Конвективное течение, постоянной интенсивности, направлено из верхней колбы аппарата в нижнюю.

При исследовании диффузионной неустойчивости многокомпонентной газовой смеси вызывает интерес задача, когда процесс смешения происходит через слой неподвижного газа, газа разбавителя. Балластный газ выступает как индикатор сложного массопереноса [1]. Особый интерес представляет исследование процесса смешения, когда в качестве балластного газа выступают два газа с одинаковыми диффузионными свойствами (равные молекулярный веса, одинаковые коэффициенты диффузии). Такими газами могут быть пропан и закись азота, парциальные плотности которых при нормальных условиях составляют, $\rho_{CO_2} = 1,8003 \frac{кг}{м^3}$, $\rho_{N_2O} = 1,8004 \frac{кг}{м^3}$ [2].

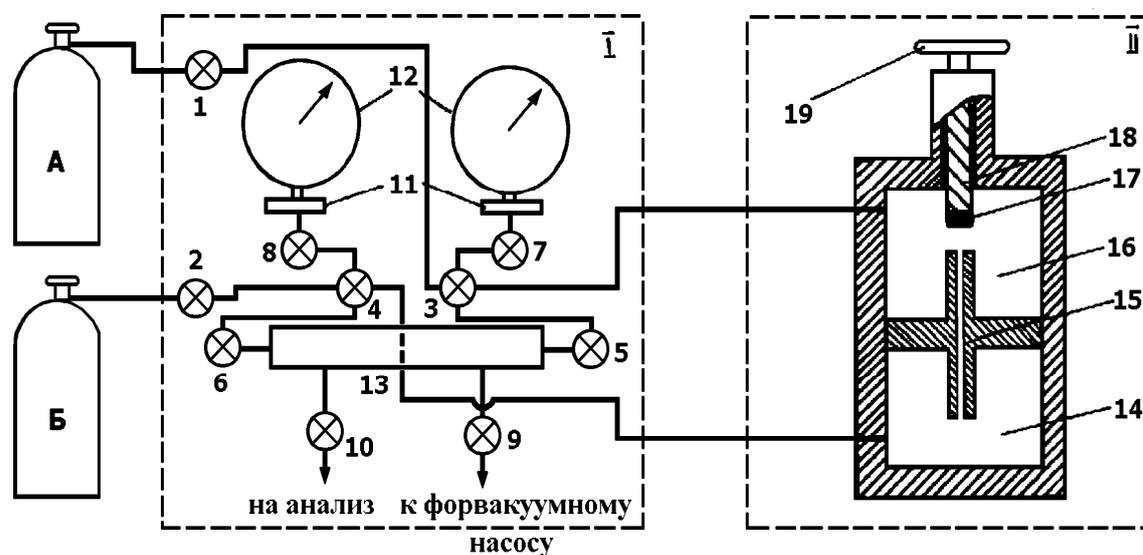
Целью данной работы является экспериментальное изучение процесса смешения в гравитационно устойчивой четырехкомпонентной газовой смеси $0,425C_3H_8 + 0,575He - 0,426N_2O + 0,574CH_4$ (концентрации компонентов даны в мольных долях), балластным газом является C_3H_8 или N_2O . Эксперимент проводился в двухколбовом диффузионном аппарате с объемами колб $V_1=V_2= 62,0 \text{ см}^3$, соединенных диффузионным каналом длиной $L=0,613 \text{ см}$ и диаметром $d=0,04 \text{ см}$. Бинарная смесь $0,425C_3H_8 + 0,575He$ располагалась в верхней колбе аппарата, а смесь $0,426N_2O + 0,574CH_4$ - в нижней. Температура всех опытов составляет $298,0 \text{ К}$, продолжительность экспериментов – 7200 секунд , давление варьировалось от 4 до 16 МПа . Анализ смеси газов до диффузии проводился на интерферометре ИТР-1, а после диффузии на хроматографе ХРОМ – 4. Погрешность при измерении концентрации составляет: для интерферометрического метода - 1%, а хроматографического - 3%.

Экспериментальная установка состояла из двух частей [3], схема которой изображена на рис.1. Первая часть – это блок подготовки газов, состоящая из баллонов А и В с газами, кранов 1-10, мембранных разделителей 11, образцовых манометров 12, выравнивающей емкости 13. Вторая основная часть - сам двухколбовый аппарат, помещенный в термостат.

Диффузионные колбы 14 и 16 выполнены в виде цилиндрических сосудов, соединенных каналом 15. Концы канала помещены в центры колб, в этом случая полагаем, что распределение концентрации продиффундировавших компонентов сферически симметрично относительно центра объемов. Прибор располагался вертикально в рабочей камере термостата. Перекрытие канала осуществляется в верхней колбе фторопластовой таблеткой 17, которая крепится к болту и может перемещаться только поступательно в вертикальном направлении. Перемещение болта обеспечивает вороток 19, расположенный в трубке. Конструкция перекрывающего устройства не нарушает постоянства объемов диффузионных камер в начале и конце опыта (в момент открытия и закрытия), надежно и удобно в эксплуатации при различных температурах и давлениях.

Методика работы на диффузионной установке была следующая: заполнение объемов 14 и 15 (см. рис.1) исследуемыми газами начинается после установления заданной

температуры опыта в диффузионном приборе, при этом капилляр 16 перекрыт, т.е. колбы 14 и 15 разобщены [4]. Перед заполнением колбы 14 и 15 многократно откачиваются



А, Б – баллоны с газами; 1-10 – краны; 11 – мембранные разделители; 12 – образцовые манометры; 13– выравнивающая емкость, 14 – нижняя колба, 16 – верхняя колба, 17 – фторопластовая таблетка, 19 – вороток.

Рис. 1. Схема экспериментальной установки

форвакуумным насосом с последующей промывкой исследуемой смесью газов из баллонов А и В. Давление в колбах контролируется образцовыми манометрами 12, атмосферное давление – манометром – барометром МБП. Заполнение каждой колбы проводили до некоторого избыточного давления (7-10% от давления опыта), затем через краны 5 и 6 обе колбы соединялись с выравнивающей емкостью, что позволяло выравнивать давление в диффузионных колбах 14 и 15. Излишки газов стравливались в атмосферу. Подводящие трубки и выравнивающий объем были такими, что полностью исключали переход газов из одной колбы в другую. После тщательного выравнивания давлений в колбах 14 и 15 момент открытия диффузионного канала 16 фторопластовой таблеткой 17 фиксировал начало опыта и одновременно включался секундомер. По окончании эксперимента колбы аппарата опять разъединялись, и отмечалось время процесса. По окончании диффузионного процесса проводился анализ газов, как из верхней, так и нижней колбы прибора.

На рис.2 представлены результаты измерений концентрации балластного газа в нижней колбе аппарата в зависимости от давления (точки). На этом же рисунке приведены теоретические данные найденные в предположении диффузионного массопереноса (прямые линии).

В области давлений от $0,5 \text{ МПа}$ до $0,7 \text{ МПа}$ концентрации балластных газов изменяются одинаково, т.е. в противоположных направлениях переносится равное количество газов. Это видно из совпадения экспериментальных и теоретических значений. Поэтому, можно сказать, что процесс смешения в исследуемой системе происходит диффузионным образом. Дальнейшее увеличение давления показывает, что происходит изменение в количестве переносимых компонентов. Пропана переносится больше, чем закиси азота. Это возможно только в том случае, если организуется конвективное течение по диффузионному каналу, направленное из верхней колбы в нижнюю. При этом концентрация пропана должна увеличиваться, а концентрация закиси азота незначительно уменьшаться,

что следует из представленных данных опыта на рис.2. Анализ экспериментальных данных, приведенных на рис. 2, показывают, что, начиная с некоторого давления опыта интенсивность конвективного массопереноса не зависит от давления. Остановившись на характеристике этого процесса, следует отметить, с давления $0,9$ МПа концентрация балластного газа (закись азота и пропан) остается неизменной.

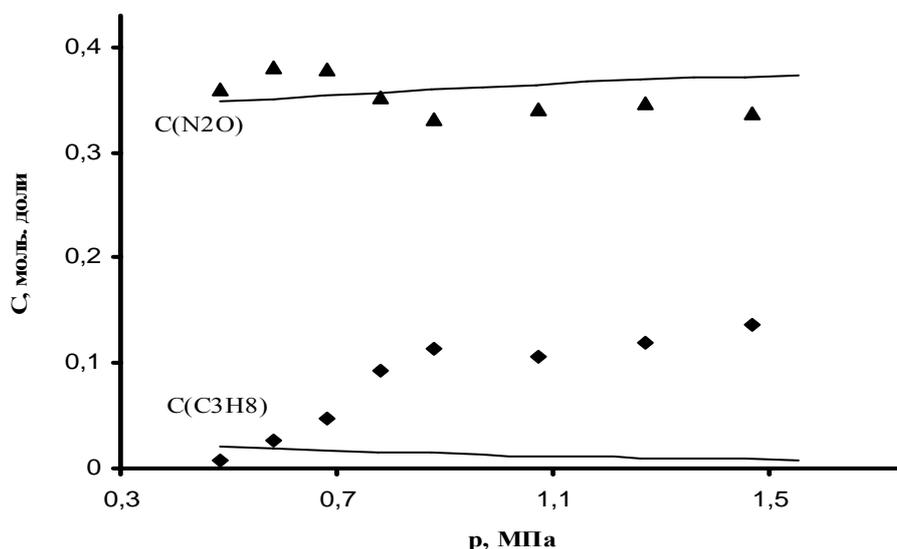


Рис. 2. Концентрация компонентов в нижней колбе

Таким образом, экспериментальные исследования показали, что в изучаемой газовой системе, наблюдается сложный массоперенос. Изначально в гравитационно устойчивой газовой системе в процессе смешения наблюдаются области устойчивой диффузии и неустойчивого конвективного смешения. Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в гравитационно устойчивой четырехкомпонентной газовой смеси $0,425C_3H_8 + 0,575He - 0,426N_2O + 0,574CH_4$ с балластным газом C_3H_8 или N_2O с повышением давления опыта могут появляться как области устойчивой диффузии, так и неустойчивого стабильного конвективного смешения. В заключение следует сказать, что обнаруженное явление диффузионной неустойчивости в изотермической четырехкомпонентной газовой смеси с балластным газом, требует определения условий, приводящих к возникновению конвективных потоков.

Литература

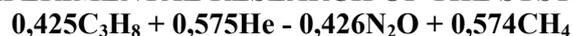
1. Косов Н.Д., Жаврин Ю.И., Кульжанов Д.У. Диффузия двух газов в равной степени разбавленных третьим // ЖТФ. -1981. –Т.51, вып. 3. – С. 645-649.
2. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. Изд. 3-е – М.: Старс, 2006. – 720 с.
3. Косов В.Н., Жаврин Ю.И., Поярков И.В. О проведении экспериментов по изучению диффузионного процесса в многокомпонентных газовых смесях // Химия и компьютерное моделирование. – 2002. – № 10. – С. 184-185.
4. Косов В.Н., Жаврин Ю.И. Экспериментальное исследование на диффузионную устойчивость некоторых изотермических трехкомпонентных газовых систем // Изв. АН КазССР, сер. физ.-мат. – 1990. – № 2. – С. 66-69.

0,425C₃H₈ + 0,575He - 0,426N₂O + 0,574CH₄ ЖҮЙЕСІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

М.С. Молдабекова, И.В. Поярков, М.К. Әсембаева, М.Т. Бекетаева

Екі құраушысының диффузиялық қасиеті бірдей гравитациялық орнықты төрткомпоненттік газ жүйесіндегі араласу процесі екіколбалық әдіспен зерттелді. Диффузиялық және конвективтік араласу режимінің қысымға тәуелділігі эксперимент түрінде көрсетілген. Тұрақты қарқындылықты конвективтік ағын жоғарғы колбадан төменгіге қарай бағытталған.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE SYSTEM



M.S. Moldabekova, I.V. Poyarkov, M.K. Asembaeva, M.T. Beketaeva

The mixing process in the gravitational stable four component gas system where two components have equal diffusive properties is studied by the two flasks method. It is shown experimentally that in dependence on pressure two regimes of mixing notably diffusive and convective are observed. The convective flow having the constant intensity is directed from the upper flask of apparatus into the lower one.