

УДК 541.1

Б.М. Стефанюк, Я.Б. Стефанюк

В'язкість як інтегральна властивість структури газів

*Новокузнецький державний університет,
м. Новокузнецьк, Російська Федерація*

Приведена залежність динамічної в'язкості газів від ефективної молекулярної маси газів CO_2 , $(\text{CO})_2$, $(\text{NO})_2$, N_2 , O_2 , NH_3 , H_2O , CH_4 , H_2S , HCl , Cl_2 , H_2 , повітря та встановлена їх надмолекулярна структура. Введено означення ефективної молекулярної маси як середньої між молекулярною масою моно- та поліструктури молекул газів.

Ключові слова: в'язкість, газ, молекулярна маса, димер.

B.M. Stefanyuk, Ya.B. Stefanyuk

The Viscosity as Integral Property of Structure of Gases

*Novokuznetsky State University,
Novokuznetsk, Russian Federation*

The dependence of dynamic viscosity of gases from effective molecular weight of gases CO_2 , $(\text{CO})_2$, $(\text{NO})_2$, N_2 , O_2 , NH_3 , H_2O , CH_4 , H_2S , HCl , Cl_2 , H_2 , air has been shown and their supermolecular structure has been determined. The definition of effective molecular weight as the average between molecular weight of mono- and polystructure of gas molecules has been introduced.

Key words: viscosity, gas, molecular weight, dimer.

Стаття постуила до редакції 12.04.2010; прийнята до друку 11.05.2010.

Вступ

Відомо [1], що повітря тропосфери має стале співвідношення масового та об'ємного вмісту складових його газів. Відомо також [2], що повітря має статистичну в'язкість, яка й забезпечує стійке «плавання» на певній висоті хмар та аерозолів, що забруднюють атмосферу [3]. Відомо [4], що фізичні води залежать від їх триступеневої надмолекулярної структури: «сукупність – колонія – мінікрапля». За допомогою магнітних та електричних полів можна змінювати структуру води. Логічно допустити, що таку складну структуру мають й гази атмосфери, що виявляється за їх динамічною в'язкістю як інтегральною властивістю цієї структури.

Мета роботи полягала в пошуці залежності динамічної в'язкості від ефективної молекулярної

маси газів і, відповідно, встановлення їх надмолекулярної структури.

І. Теоретична частина

Формула Саттерленда [1] описує залежність динамічної в'язкості газів за абсолютною температурою T [К], якщо відома динамічна в'язкість μ_0 за температури $T_0=273,15$ К та певна власна температура газу T_S :

$$\mu_T = \mu_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2} \cdot \frac{T_0 + T_S}{T + T_S}. \quad (1)$$

Нехай динамічна в'язкість газів μ_0 прямо пропорційна їх ефективній молекулярній масі M_{ef} [розмірність – в атомних одиницях маси (а.о.м.)]:

$$\mu_0 = \mu_{00} + kM_{\text{ef}}, \quad (2)$$

де μ_{00} – гранично мінімальна динамічна в'язкість газів за температури $T_0=273,15$ К [мкПа·с];
 k – коефіцієнт пропорційності [(мкПа·с)/(а.о.м.)].

Для визначення величин μ_{00} та k у системі координат (M, μ) побудуємо опорні точки газів зі сталою структурою $\text{CO}_2, (\text{CO})_2, (\text{NO})_2$, для яких:

$$M_{\text{еф}}=M. \quad (3)$$

Вихідні дані приведені в табл. 1, а залежність $\mu_0 = f(M)$ – на рис. 1.

Таблиця 1

Властивості опорних газів

Газ	M [а.о.м.]	μ_0 [мкПа·с]	Номер точки на рис. 1
CO_2	44	13,8	1
$(\text{CO})_2$	56	16,6	2
$(\text{NO})_2$	60	17,5	3
	0	3,5	

Якщо провести через точки 1, 2, 3 (рис. 1) пряму, то знайдемо: $\mu_{00}=3,5$ [мкПа·с]; $k=0,234$ [(мкПа·с)/(а.о.м.)]. Залежність (2) для лінії (1-2-3) має вигляд:

$$\mu_0=3,5+0,234M_{\text{еф}}. \quad (4)$$

На координатну площину (M, μ) нанесено точки ще 10 газів за їх вихідними даними μ_0 [5 – 11].

Дев'ять точок (M, μ) розташовані зверху прямої (4), а одна нижче неї. Від кожної з цих точок проведемо прямі, які паралельні вісі M до перетину з прямою (4) та, при необхідності, далі до точки ($2M, \mu$).

На перетині з прямою (4) розташовані точки ($M_{\text{еф}}, \mu_0$), які дають інформацію щодо оцінок структури газу як такого, що складається з ординарних молекул та подвійних молекул-димерів. Частка димерів у газі визначається за:

$$M_{\text{еф}}=2Mx+M(1-x), \quad (5)$$

де x – частка димерів у газі;

$(1-x)$ – частка одиничних молекул у газі.

За (5) маємо:

$$x = \frac{M_{\text{еф}} - M}{M}. \quad (6)$$

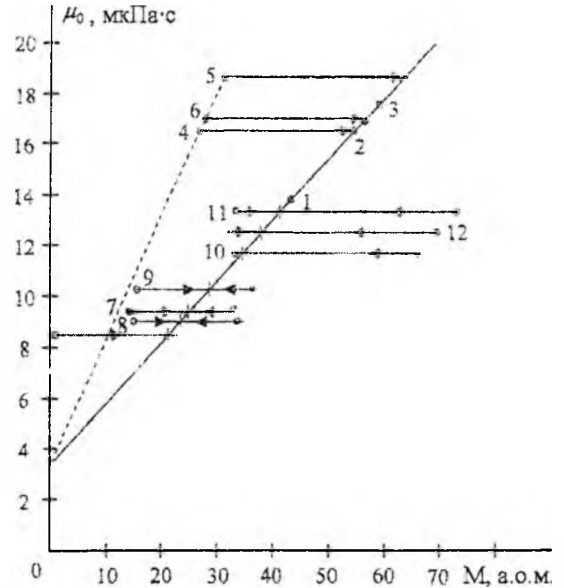


Рис. 1. Залежність динамічної в'язкості μ_0 за температури $T_0=273,15$ К від ефективної молекулярної маси M газів: 1 – CO_2 ; 2 – $(\text{CO})_2$; 3 – $(\text{NO})_2$; 4 – N_2 ; 5 – O_2 ; 6 – повітря; 7 – NH_3 ; 8 – H_2O ; 9 – CH_4 ; 10 – H_2S ; 11 – HCl ; 12 – Cl_2 ; 13 – H_2 .

Розрахункові параметри структури газів при $T=273,15$ К подані в табл. 2. Молекулярна структура газів $\text{CO}_2, (\text{CO})_2, (\text{NO})_2$ визначається зв'язками складових їх атомів: CO_2 має єдину структуру, $(\text{CO})_2$ та $(\text{NO})_2$ мають три типи структур (рис. 2), але за динамічною в'язкістю неможливо надати перевагу будь-якій з них.

Таблиця 2

Параметри надмолекулярної структури газів за температури $T=273,15$ К

Номер точки на рис. 1	Газ (пара)	M [а.о.м.]	μ_0 [мкПа·с]	$M_{\text{еф}}$ [а.о.м.]	Структура
1	CO_2	44	13,8	44	$\text{CO}_2(100\%)$
2	$(\text{CO})_2$	56	16,6	56	$(\text{CO})_2(100\%)$
3	$(\text{NO})_2$	60	17,5	60	$(\text{NO})_2(100\%)$
4	N_2	28	16,6	56	$2\text{N}_2(100\%)$
5	O_2	32	18,6	64	$2\text{O}_2(100\%)$
6	повітря	28,98	17,1	57,98	2·повітря(100%)
7	NH_3	17	9,4	25,5	$\text{NH}_3(52,5\%)+2\text{NH}_3(47,5\%)$
8	H_2O	18	9,22	24,5	$\text{H}_2\text{O}(64\%)+2\text{H}_2\text{O}(36\%)$
9	CH_4	16	10,28	29,0	$\text{CH}_4(18,8\%)+2\text{CH}_4(81,2\%)$
10	H_2S	34	11,8	35,5	$\text{H}_2\text{S}(95,5\%)+2\text{H}_2\text{S}(4,5\%)$
11	HCl	36,5	13,2	41,5	$\text{HCl}(86,5\%)+2\text{HCl}(13,5\%)$
12	Cl_2	71	12,5	38,5	$\text{Cl}(92\%)+\text{Cl}_2(8\%)$
13	H_2	2	8,4	21	$\text{H}_2(100\%)$

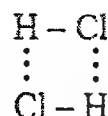
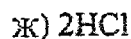
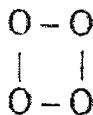
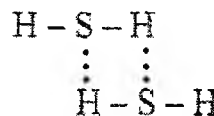
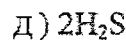
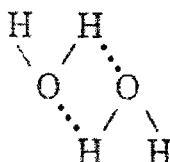
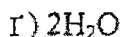
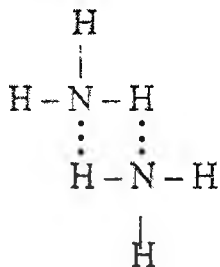
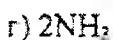
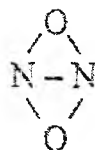
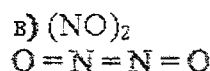
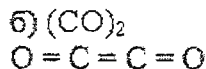
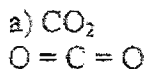


Рис. 2. Схеми структурних зв'язків молекул.

Нітроген, Оксиген, повітря та їх суміш при $T=273,15\text{ K}$ мають димерну структуру:

$$M_{\text{еф}}=2M. \quad (7)$$

Гази NH_3 , H_2O , CH_4 , H_2S і HCl є сумішшю мономолекул та димерів від співвідношення 18,8:81,2 до 95,5:4,5, утворених за рахунок водневих подвійних зв'язків (рис. 2). Їх вміст наведено в табл. 2. Газ Cl_2 за динамічною в'язкістю проявляє себе переважно як моноатомарний [$\text{Cl}(92\%)+\text{Cl}_2(8\%)$]. Особливо поводить себе газ водень: його в'язкість відповідає структурі за ефективною молекулярною масою:

$$M_{\text{еф}}=21\text{H}, \quad (8)$$

але такий результат вимагає додаткових досліджень.

Висновки

1. Динамічна в'язкість газів залежить від їх надмолекулярної структури і є вихідною інформацією для оцінки цієї структури.

2. Динамічна в'язкість однозначно визначає ефективну молекулярну масу.

3. У науковий обіг введено означення ефективної молекулярної маси як середньої між молекулярною масою моно- і поліструктурою молекул газу.

Література

1. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии. – Киев: Наукова думка, 1987. – 230 с.
2. Стефанюк Б.М. Статическая вязкость воздуха // Вестник Кемеровского государственного университета. – Кемерово: КемГУ, 2005. – №3 (23) – С. 66 – 68.
3. Стефанюк Б.М., Стефанюк Я.Б. Об устойчивости аэрозолей, загрязняющих атмосферу // Перспективы развития технологий переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, правовые, экономические и социальные аспекты [Текст]: Труды II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Новокузнецк, 4-6 октября 2006 г. / НФИ КемГУ. – Новокузнецк, 2006. – С. 79 – 80.
4. Стефанюк Б.М. Структура воды и осветление шламовых вод физико-электрическим способом // Современная технология разработки месторождений полезных ископаемых. – Новокузнецк:

- СибТИУ, 1988. – С. 51 – 53.
5. **Новиков Г.И.** Основы общей химии. – М.: Высшая школа, 1988. – 431 с.
 6. **Чайлдс У.** Физические постоянные. Справочное пособие для студентов вузов (пер. с англ.). – М.: Госиздатфизмат. лит., 1961. – 95 с.
 7. **Лойцянский Л.Г.** Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1987. – 840 с.
 8. **Викторов ММ.** Методы вычислений физико-химических величин и прикладные расчеты. – Л.: Химия, 1977. – 300 с.
 9. **Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С.** Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
 10. **Ривкин С.Л., Александров А.А.** Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.
 11. **Метан.** Коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности. ГС ССД 94-96 – М.: Госком СССР по стандартам, 1986. – 17 с.

Стефанюк Б.М. – викладач.

Стефанюк Я.Б. – викладач.

Рецензент

Сіренко Г.О. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та прикладної хемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.