

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПОЛОСЫ NO ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

А. А. Коньков и А. В. Воронцов

Опубликовано свыше десятка работ, посвященных экспериментальному определению интегрального коэффициента поглощения основной полосы молекулы NO, однако следует отметить, что в подавляющем большинстве работ [1-9] изучалось поглощение молекулы NO при комнатной температуре, только в работах [10, 11] при температурах до 2500° K и лишь в [12] при температурах до 5000° K. На первый взгляд, приведенные к нормальным условиям значения интегрального коэффициента поглощения, полученные в этих работах, противоречивы и лежат в интервале от 70 до 140 см⁻² атм.⁻¹. Однако внимательное рассмотрение экспериментов [1-9], проведенных с NO в условиях комнатной температуры, показывает, что результаты этих работ согласуются между собой, за исключением двух наиболее ранних [1, 2], и соответствующие значения интегральных коэффициентов поглощения находятся в пределах (125 ± 14) см⁻² атм.⁻¹. Отметим, что более поздние измерения [8], проведенные тем же методом и в тех же условиях, что и [1], не подтвердили результатов работы [1]. Причины такого расхождения остались неясны, однако, исходя из текста [8], можно полагать, что оно, возможно, связано с недостаточно тщательной градуировкой в [1]. Возможно, этим же можно объяснить малое значение интегрального коэффициента поглощения (82 см⁻² атм.⁻¹), полученное в [2], и считать, что из измерений интегрального коэффициента поглощения α_{NO} при комнатной температуре следует среднее значение 125 см⁻² атм.⁻¹. Авторы [12] считают, что в [10, 11] центры линий были реабсорбированы. Это обстоятельство и явилось причиной невысоких значений интегрального коэффициента поглощения, полученных в этих работах. Значение 124 см⁻² атм.⁻¹ согласно [14], близко значению, следующему из работ, проведенных при комнатной температуре. Таким образом, из изложенного следует, что, по-видимому, вплоть до 5000° K значение интегрального коэффициента поглощения, отнесенного к нормальным условиям, остается постоянным и равным 125 см⁻² атм.⁻¹, причем результаты отдельных работ не отклоняются от него более, чем на ±12%. Это свидетельствует в пользу справедливости предположения гармонического осциллятора для основной полосы NO.

Целью настоящей работы являлась проверка этого предположения для температур выше 5000° K. Изучалось излучение основной полосы молекулы NO, которая образуется в воздухе при нагревании его до высоких температур отраженной ударной волной в ударной трубе. Использовался как воздух, так и 20-процентная смесь воды с воздухом при начальном давлении 5 тор. Описание ударной трубы, в которой проводилось нагревание исследуемого газа, дано в [13]; идентичной [13] была и методика регистрации инфракрасного излучения. Исследовался участок шириной 0.5 мкм вблизи максимума основной полосы молекулы NO. Отмечается, что времена релаксации в данном случае не превышают 10—15 мсек., поэтому первые 10—15 мсек. на осциллограммах излучения исключались из рассмотрения. Зависимость интенсивности в основной полосе NO от частоты при низких температурах может быть аппроксимирована двумя параболой, пересекающимися внутри полосы; при высоких температурах этот провал в центре полосы сглаживается и в первом приближении ход интенсивности может быть описан одной параболой. Необходимой предпосылкой для такой аппроксимации является перекрытие вращательных линий внутри полосы. Согласно [14], перекрытие вращательных линий в основной полосе NO наступает при температурах выше 4000° K, если давления будут 10 атм. и выше. Эти условия и были реализованы в данном случае. При температурах выше 4500° K ширина основной полосы NO превышает 500 см⁻¹, а использование широких спектральных интервалов для определения коэффициентов поглощения сопряжено с возможными систематическими ошибками [15]. Поэтому здесь использовался спектральный интервал 200 см⁻¹, а для определения интегрального коэффициента поглощения можно воспользоваться методикой, предложенной ранее. Поскольку в данном случае ширина исследуемого спектрального интервала меньше ширины полосы, а слой оптически тонкий, то, поступив аналогично, получим

$$\bar{K}_y = \frac{1}{2\Delta_0} \int_{-\Delta_0}^{+\Delta_0} k_\nu d\nu = \frac{3}{2} \frac{\alpha_{NO}^{(0)}(T) p_{NO}}{(2\Delta)} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\Delta_0}{\Delta} \right)^2 \right] \quad (1)$$

и, воспользовавшись тем, что

$$\alpha_{NO}^{(0)}(T) = \alpha_{NO}^{(0)}(T_0) \frac{T_0}{T} \Phi^{(0)}(T), \quad (2)$$

найдем

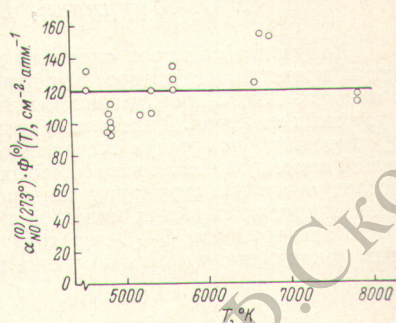
$$\alpha_{NO}^{(0)}(T_0) \Phi^{(0)}(T) = \frac{\bar{K}_y}{n_{NO}} \frac{2\Delta}{kT_0} \left\{ \frac{3}{2} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\Delta_0}{\Delta} \right)^2 \right] \right\} \equiv \frac{\bar{K}_y}{n_{NO}} \psi(T). \quad (3)$$

Здесь $\alpha_{\text{NO}}^{(0)}(T)$, $\alpha_{\text{NO}}^{(0)}(T_0)$ — интегральные коэффициенты поглощения основной полосы NO при температуре T и T_0 соответственно (в см^{-2} атм. $^{-1}$), Δ_0 , Δ — соответственно полуширины спектрального прибора и основной полосы NO (в см^{-1}), n_{NO} — концентрация NO, $\Phi^{(0)}(T)$ в предположении гармонического осциллятора равна единице, функцию $\psi(T)$ можно рассчитать, воспользовавшись [15].

Таким образом, с помощью законов сохранения по скорости ударной волны можно найти температуру и давление, а затем значения n_{NO} и $\psi(T)$ и, используя (3),

$\alpha_{\text{NO}}^{(0)}(T_0) \Phi^{(0)}(T)$. Если это произведение не зависит от температуры, то это означает, что предположение гармонического осциллятора справедливо для данной колебательно-вращательной полосы. Кроме того, эти данные позволяют вычислить значения интегрального коэффициента поглощения, отнесенные к нормальным условиям.

Экспериментальные значения коэффициентов поглощения были обработаны изложенным способом. Использовались только те точки, поглощательная способность для которых меньше 0.1. Отметим, что при температурах выше 6000° K становится заметным излучение, обусловленное свободно-свободными переходами в полях ионов и нейтральных частиц. Вклад этих процессов учитывался аналогично [14] и исключался из E_{ν} . Результаты обработки представлены на рисунке. Как видно из рассмотрения этого рисунка, величина $\alpha_{\text{NO}}^{(0)}(273^\circ) \Phi^0(T)$ в пределах ошибок измерения не зависит от температуры, среднее ее значение равно $120 \text{ см}^{-2} \text{ атм.}^{-1}$. Таким образом, проведенные исследования показывают, что приближение гармонического осциллятора для основной полосы молекулы выполняется вплоть до 7500° K, а значение интегрального коэффициента поглощения, отнесенное к нормальным условиям, равно $120 \text{ см}^{-2} \text{ атм.}^{-1}$.



Зависимость $\alpha_{\text{NO}}^{(0)}(273^\circ) \Phi(T)$ от температуры.

Авторы выражают благодарность И. М. Кедрлеру за помощь при выполнении настоящей работы.

Литература

- [1] S. S. Penner, D. Weber. *J. Chem. Phys.*, **26**, 860, 1953.
- [2] J. Vincent-Geisse. *Compt. Rend.*, **239**, 251, 1954.
- [3] B. Schurin. S. A. Clough. *J. Chem. Phys.*, **38**, 1855, 1963.
- [4] T. C. James. *J. Chem. Phys.*, **40**, 762, 1964.
- [5] D. L. Ford, J. H. Shaw. *Appl. Optics*, **4**, 1113, 1965.
- [6] L. L. Abels, J. H. Shaw. *J. Molec. Spectr.*, **20**, 1, 1966.
- [7] C. Alamichel. *J. Phys. France*, **27**, 345, 1966.
- [8] P. Varanasi, S. S. Penner. *J. Q. S. R. T.*, **7**, 279, 1967.
- [9] H. P. Oppenheim, Y. Aviv, A. Goldman. *Appl. Optics*, **6**, 1305, 1967.
- [10] J. C. Breeze, C. C. Ferriso. *J. Chem. Phys.*, **41**, 3420, 1964.
- [11] K. Fukuda. *J. Chem. Phys.*, **42**, 521, 1965.
- [12] R. M. Feinberg, M. Samas. *J. Q. S. R. T.*, **7**, 581, 1967.
- [13] А. А. Коньков, А. В. Воронцов. *Опт. и спектр.*, **32**, 465, 1972.
- [14] В. А. Каменчиков, Ю. А. Пластинин, В. М. Николаев, И. А. Новички. Радиационные свойства газов при высоких температурах. Изд. «Машиностроение», М., 1971.
- [15] А. А. Коньков, С. Г. Кулагин. *ТВТ*, **9**, 497, 1971.

Поступило в Редакцию 7 августа 1972 г.