

М. В. ОХОТИН

**ОБ ОДНОЙ ФОРМУЛЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТИ
СИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 17 I 1950)

Знание вязкости силикатных стекол требуется в огромном интервале от 10 до 10^{13-16} пуазов. Значительный интерес представляет определение вязкости в зависимости от температуры с помощью ин-терполяционных формул, предложенных рядом авторов.

А. В литературе имеются попытки объяснения процессов, происходящих при нагревании и охлаждении расплавленных стекол, с точки зрения диффузионной теории вязкости. Эта теория была впервые сформулирована Я. И. Френкелем (1) и в разных вариантах разрабатывалась затем другими авторами.

Я. И. Френкель первый вывел теоретически формулу экспоненциальной зависимости вязкости от температуры

$$\eta = Ae^{U/RT} \quad *, \quad (A, 1)$$

где A и U — постоянные, причем большинством авторов U рассматривается как энергия активации процесса вязкого потока.

Обозначая $U/RT = b/t$ и логарифмируя уравнение (A, 1), получим:

$$\lg \eta = \lg A + \frac{b}{t} \lg e. \quad (A, 2)$$

Приведем пример расчета для листового стекла механизированной выработки следующего состава (в процентах): SiO_2 70,54, Al_2O_3 2,12, CaO 7,75, MgO 3,06, NaO 15,93, SO_3 0,6.

Из опытов получены следующие значения $\eta_{оп}$ при разных температурах:

$t^\circ \text{C}$	1300	1175	1008	895
$\eta_{оп}$	316	1000	10000	100000

Составив на основании этих данных систему уравнений

$$\begin{aligned} \lg \eta_1 &= \lg A + \frac{\lg e}{t_1} b, \\ &\dots \dots \dots \\ \lg \eta_4 &= \lg A + \frac{\lg e}{t_4} b \end{aligned} \quad (A, 3)$$

и решив ее, определяем значение b и A , с помощью которых находим $\eta_{выч}$ (см. ниже табл. 1).

Б. По формуле С. Э. Хайкина (2) зависимость вязкости жидкости от температуры выражается уравнением:

$$\eta = \frac{A}{\sqrt{T(T+T_0)^5}}. \quad (B, 1)$$

* Здесь и далее t — температура по Цельсию, T — абсолютная температура.

Преобразуем (Б, 1):

$$\eta^{3/8} = \frac{A^{3/8}}{T^{3/8}(T + T_0)}, \quad T = \frac{A^{3/8}}{\eta^{3/8} T^{3/8}} - T_0. \quad (\text{Б, 2})$$

В выражении (Б, 2) $A^{3/8}$ и T_0 — искомые.

Приведем пример расчета для листового стекла того же состава. Аналогично п. А возьмем все опытные точки $(t_1, \eta_1), \dots, (t_4, \eta_4)$ и построим систему уравнений:

$$\begin{aligned} t_1 &= -T_0 + \frac{A^{3/8}}{\eta_1^{3/8} t_1^{3/8}}, \\ &\dots \dots \dots \\ t_4 &= -T_0 + \frac{A^{3/8}}{\eta_4^{3/8} t_4^{3/8}}. \end{aligned} \quad (\text{Б, 3})$$

Решая ее и определив T_0 и A , находим $\eta_{\text{выч}}$ (см. табл. 1).

В. По нашей формуле, зависимость вязкости жидкости от температуры выражается:

$$\eta = ae^{b/T^n}, \quad \text{или} \quad \eta = ae^{b/t^n}. \quad (\text{Б, 1})$$

Логарифмируя уравнение (Б, 1), получим

$$\lg \eta = \lg a + \frac{b}{t^n} \lg e, \quad (\text{Б, 2})$$

где a, b, n — искомые постоянные.

Приведем пример расчета для листового стекла того же состава. Возьмем все опытные точки $(t_1, \eta_1), \dots, (t_n, \eta_n)$ и построим систему уравнений с тремя неизвестными:

$$\begin{aligned} \lg \eta_1 &= \lg a + \frac{b}{t_1^n} \lg e, \\ &\dots \dots \dots \\ \lg \eta_4 &= \lg a + \frac{b}{t_4^n} \lg e. \end{aligned} \quad (\text{Б, 3})$$

Найдя по графику $(\lg \eta, t)$ значение $\lg \eta_{cp}$, соответствующее $t_{cp} = \sqrt{t_1 t_4}$, решаем уравнение (Б, 3) относительно a , и определив далее b и n , находим значение $\eta_{\text{выч}}$.

Сопоставление результатов, полученных по формулам (А, 1), (Б, 1) и (В, 1) приведено в табл. 1.

Таблица 1

Т-ра в °С	$t_{оп}$	По ф-ле (А, 1)		По ф-ле (Б, 1)		По ф-ле (В, 1)	
		$\eta_{\text{выч}}$	отклонение в %	$\eta_{\text{выч}}$	отклонение в %	$\eta_{\text{выч}}$	отклонение в %
1300	316	281,9	-11	346	+9,42	318,3	+0,66
1175	1000	1097	+9,7	851	-14,9	990,4	-0,96
1008	10000	11230	+12,3	6607	-33,93	9692	-3,08
895	100000	89130	-10,87	426700	+327	104135	+4,14

Проверка ряда стекол (более 30) показала по формулам Френкеля и Хайкина значительное расхождение между вычисленными и опытными данными. Нашу формулу можно применять для определения вязкости силикатных стекол и других жидкостей.

Всесоюзный научно-исследовательский институт стекла

Поступило
10 I 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Я. И. Френкель, Zs. f. Phys., 35, 664 (1926); Теория твердых и жидких тел, Л., 1934. ² С. Э. Хайкин, ЖЭТФ, 6, 351 (1936).